



UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE
BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

EFEECTO DE LA TEMPERATURA EN EL METABOLISMO
DEL CAMARON *Penaeus vannamei* Boone
ACONDICIONADO A DISTINTAS SALINIDADES.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

NELLELY JANETTE SALAZAR MARROQUIN

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, 23 DE FEBRERO DE 1994.

RESUMEN

En esta investigación se estimó el efecto de la temperatura sobre el consumo de oxígeno específico del peso (QO_2 : ml O_2 /g/h) en camarones Penaeus vannamei Boone, previamente acondicionados a salinidades diferentes: 10, 20, 28, 32 y 42 ppm. La estimación del consumo de oxígeno se realizó en cámaras respiratorias cerradas mediante electrodos sensibles al oxígeno. Al aumentar la temperatura (de 23 a 32 °C), P. vannamei manifestó una capacidad de compensación térmica con valores de Q_{10} alrededor de uno, en contraste, se alcanzaron valores de alrededor de cuatro al disminuir la temperatura (de 23 a 12 °C). Se discuten posibles mecanismos para explicar el comportamiento encontrado. Se experimentó el proceso de acondicionamiento a distintas salinidades durante 35 a 42 h y su efecto en la QO_2 . La oscilación observada se atribuye al efecto sinérgico de ciclos circadianos y la salinidad.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL METABOLISMO DE Penaeus vannamei
Boone ACONDICIONADO A DISTINTAS SALINIDADES

TESIS

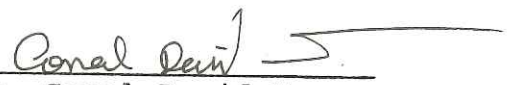
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE OCEANOLOGO

PRESENTA:

NELLELY JANETTE SALAZAR MARROQUIN

APROBADA POR:


M.C. Antonio Silva Loera
Presidente del jurado.


Oc. Conal David True.
Sinodal Propietario


M.C. Eugenio Carpizo I.
Sinodal Propietario

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis forma parte del proyecto de investigación "Estudio fisiológico sobre el camarón azul (Penaeus stylirostris): Bioenergética y desarrollo". Realizado en ésta Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California. Con el apoyo de la misma Universidad así como del CONACYT, mediante el convenio no. 904361.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Facultad de Ciencias Marinas por todos estos años y por el apoyo brindado en todo lo relacionado con la realización de ésta tesis.

Agradezco a todos mis Maestros, porque cada uno de ellos colaboró con su granito de arena y especialmente al Profesor Amando Diéguez Covarrubias por sus enseñanzas y amistad durante todo este tiempo.

Mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis y amigo M.C. Antonio Silva Loera por toda la ayuda brindada, por su invaluable ejemplo y consejos.

Agradezco especialmente a mis sinodales: Oc. Conal David True y Eugenio Carpizo Ituarte por su colaboración y acertados comentarios.

Agradezco al M.C. Antonio Trujillo y a la M.C. Claudia Leyva por su asesoramiento estadístico.

Un agradecimiento especial al Dr. Eduardo Santamaría por su amistad, y su aportación en el manejo de los programas de Software para microcomputador y asesoramiento estadístico.

Agradezco especialmente a las secretarías de esta Facultad (Nely, Yoli y Lorena) por todas sus finas atenciones.

A Calet y Ana: Por su ayuda en la realización del experimento y compañía durante las noches de medición.

A mis compañeros "Gebos", por los años compartidos.

ESTA TESIS ESTA DEDICADA A TODAS Y CADA UNA DE LAS PERSONAS
QUE ME HAN BRINDADO SU AMOR Y APOYO.

A Adelina solis: mi abuelita, por su cariño incondicional,
desvelos y gran ejemplo.

A Margarita: mi mamá, por su confianza y el soporte que ha
sido durante toda mi carrera.

A mis hermanos: Daniel, Alberto y especialmente a Elizabeth
y a Felix.

A Jose Duarte: especialmente para tí. No hay manera de expresar
mi agradecimiento.

A mis Profesores de la Esc. Sec. Fed. No. 1: Su motivación ha
sido de gran importancia en mi vida.

A Ququis y a Ana, Por el tiempo compartido.

A Claudia Rivera. Por su amistad y consejos: Ha hecho más
relevante mi etapa estudiantil.

A Jorge Guerrero: con todo mi amor. Por su confianza y por
todo lo que hemos compartido juntos.

INDICE

INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	4
OBJETIVO	7
MATERIALES Y METODO	8
RESULTADOS	16
DISCUSION	26
CONCLUSIONES	38
LITERATURA CITADA	40
APENDICE	45

LISTA DE TABLAS

Tabla I	ANOVA de la regresión múltiple del efecto de la temperatura de (21 a 32 °C), previo acondicionamiento a varias salinidades sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> en condiciones de laboratorio.	46
Tabla II	ANOVA de la regresión múltiple del efecto de la temperatura de (23 a 12 °C), previo acondicionamiento a varias salinidades sobre el metabolismo de <u>Penaeus vannamei</u> en condiciones de laboratorio.	46
Tabla III	ANOVA de dos vías del efecto de la Temperatura (de 21 °C a 32 °C) sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> , previamente acondicionados a diferentes salinidades en condiciones de laboratorio.	47
Tabla IV	ANOVA de dos vías del efecto de la Temperatura (de 23 a 12 °C) sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> previamente acondicionados a diferentes salinidades en condiciones de laboratorio.	47
Tabla V	Valores de Q_{10} calculados a partir de la regresión múltiple de la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> .	48
Tabla VI	Valores de Q_{10} calculados a partir de la regresión múltiple de la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> . Descenso de temperatura de 23 a 12 °C.	49
Tabla VII	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 1.20 a 1.72 g (peso seco) colocados en salinidad de 10 ppm durante 35 h. Condiciones de laboratorio.	50
Tabla VIII	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 1.20 a 1.72 g (peso seco) colocados en salinidad de 20 ppm durante 35 h. Condiciones de laboratorio.	50

Tabla IX	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 1.20 a 1.72 g (peso seco) colocados en salinidad de 28 ppm durante 38 h en condiciones de laboratorio.	51
Tabla X	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 1.20 a 1.72 g (peso seco) colocados en salinidad de 32 ppm durante 38 h en condiciones de laboratorio.	51
Tabla XI	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 1.20 a 1.72 g (peso seco) colocados en salinidad de 42 ppm durante 38 h. Condiciones de laboratorio.	52
Tabla XII	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 0.75 a 0.85 g (peso seco) pequeño colocados en salinidad de 10 ppm durante 35 h. Condiciones de laboratorio.	52
Tabla XIII	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 0.75 a 0.85 g (peso seco) colocados en salinidad de 20 ppm durante 35 h. Condiciones de laboratorio.	52
Tabla XIV	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 0.75 a 0.85 g (peso seco) colocados en salinidad de 28 ppm durante 38 h. Condiciones de laboratorio.	53
Tabla XV	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 0.75 a 0.85 g (peso seco) colocados en salinidad de 32 ppm durante 42 horas en condiciones de laboratorio.	53
Tabla XVI	ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de <u>Penaeus vannamei</u> de 0.75 a 0.85 g (peso seco) colocados en salinidad de 42 ppm durante 42 horas en condiciones de laboratorio.	53

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Superficie de respuesta de la QO_2 de Penaeus vannamei en función de la temperatura. Ambiente de laboratorio. 17
- Figura 2 Superficie de respuesta de la QO_2 de Penaeus vannamei en función de la temperatura. Ambiente de laboratorio. 19
- Figura 3 Variación promedio de la QO_2 de Penaeus vannamei de (rango de peso seco de 1.2 a 1.72 g) en 22 ± 2 °C, al ser transferidos de 32 ppm a: 10 ppm (A), 20 ppm (B), 28 ppm (C), 32 ppm (D) y 42 ppm (E). Las barras verticales representan la desviación estándar. 22
- Figura 4 Variación promedio de la QO_2 de Penaeus vannamei de (rango de peso seco de 0.6 a 0.85 g) en 22 ± 2 °C, al ser transferidos de 32 ppm a: 10 ppm (A), 20 ppm (B), 28 ppm (C), 32 ppm (D) y 42 ppm (E). Las barras verticales representan la desviación estándar. 24

INTRODUCCION:

Existe una relación implícita entre el funcionamiento interno de los organismos y los cambios en el medio ambiente. Para que los organismos logren sobrevivir estos cambios deben de ser tales que no excedan los límites de tolerancia de los organismos en relación a estos factores.

Existe un interés especial en aquellas especies de importancia en las pesquerías y/o utilizadas en cultivos. Apoyado en la necesidad de conocer su metabolismo en las condiciones imperantes (por ejemplo; en las instalaciones de cultivo). Y una vez identificados estos mecanismos adaptativos o de resistencia que poseen estos crustáceos decápodos. Aplicarlos con el propósito de lograr una mayor producción.

Los crustáceos son un grupo que ha ido adaptándose a diversos factores ambientales, distribuyéndose en zonas muy variadas, desde el fondo del mar, hasta las montañas y desde el interior de los organismos en forma de parásitos hasta formas libres. Los crustáceos marinos que viven en la zona costera, enfrentan grandes fluctuaciones de los factores del ambiente a diferencia de los organismos que viven en la zona pelágica (Hiroko et al., 1990). Esto es un indicativo de que los que habitan las zonas costeras poseen mayor capacidad de

enfrentarse a los factores cambiantes del medio que los organismos de la zona pelágica.

Penaeus vannamei pertenece al orden decápoda, un grupo de gran tamaño, cuya fisiología depende de un número variable de factores que actúan sinérgicamente (Hiroko et al., 1990). La variación de estos factores afecta el metabolismo. Entre los factores más conocidos están la salinidad y la temperatura. Estos actúan sobre la presión osmótica, tamaño y desarrollo gonadal (Scelso y Zúñiga, 1987). Aunque en Penaeus vannamei algún grado de tolerancia a la salinidad y la temperatura es la regla (Mantel y Farmer, 1983). En los peneidos, los aspectos que generalmente son más investigados desde el punto de vista fisiológico son: mortalidad larval, incremento de longitud (rango de crecimiento) y balance energético (Gaudy y Sloane, 1981) .

Muchas especies de camarones penaeidos tienen migraciones durante el curso de su vida larval y postlarval, viajan de mar abierto a zonas de cría, que son los estuarios o manglares y permanecen ahí hasta que son juveniles y subadultos debido a que esto les presenta ciertas ventajas de vida, y retornan al mar en su estado adulto (Hughes, 1969); (Hiroko et al., 1990). Su habilidad osmorregulatoria es lo que permite aprovechar las ventajas del lugar para su desarrollo.

comportamiento puede ser debido a la conveniencia de una cierta presión osmótica baja en estadíos tempranos. Los organismos se establecen en el medio según su capacidad de adaptación. Uno los principales indicadores de esta capacidad es la respuesta metabólica (Vernberg, 1983).

El estudio de la tasa metabólica de los crustáceos inició en los comienzos del siglo XX (Cheng y Fang, 1986); para conocer la actividad fisiológica de estos organismos (Hiroko et al., 1990), en diferentes condiciones ambientales.

El valor osmótico entre el agua de mar y los fluidos corporales de los invertebrados marinos es semejante, sin embargo los crustáceos presentan una mejor capacidad de regulación osmótica e iónica lo cuál implica la necesidad de estructuras especiales y gasto de energía para mantener la concentración interna apropiada (Mantel y Farmer, 1983).

Los adultos son capaces de osmorregular por eso se presume que su migración a zonas de alta salinidad puede ser necesaria para su desarrollo gonadal. Aunque los camarones son reguladores de la concentración interna de sus fluidos corporales respecto al medio externo, los cambios en las condiciones del medio ambiente complican considerablemente su osmorregulación (Bursey y Lane, 1971). Ya que se encuentran

en el doble problema de la dilución interna a bajas salinidades y el aumento de la concentración de los fluidos corporales en altas salinidades (Castille y Lawrence, 1981).

ANTECEDENTES

Todo organismo con una concentración interna menor a la del medio ambiente externo, se encara con una ganancia de agua y pérdida de iones por difusión (Prosser y Brown, 1968). Esto ocasiona un gasto energético mayor al que utilizaría en caso de encontrarse en las condiciones ideales.

En las granjas acuaculturales o incluso en el medio ambiente, no siempre se mantienen las condiciones en el punto óptimo para que el organismo se desarrolle de la mejor manera. Por ello surgió la necesidad de explicar el gasto energético bajo diferentes condiciones de salinidad. Este es generalmente considerado ser, uno de los principales indicadores de la actividad fisiológica, integrando en particular los cambios de tiempo necesarios para la regulación osmótica (Gaudy y Sloane, 1981).

Las postlarvas de los penaeus, son genéticamente más hiperosmorreguladoras que los adultos, ya que estos pierden su habilidad hiperosmorregulatoria al desenvolverse en medios ambientes más estables. Aunque en los peneidos ésta es una característica general, existen excepciones, por ejemplo;

Penaeus monodon puede ser una de los más eficientes osmorreguladores de todas las especies de penaeus sin importar su estadio (Cheng y Liao, 1986). En estudios hechos sobre los siguientes crustáceos: Palaemonetes varians, Palaemon serratus y P. elegans; se encontró que mantienen una regulación hipoosmótica en aguas de alta salinidad, pero permanecen hiperosmóticos en ambientes de agua salobre (Bursey y Lane, 1971).

La salinidad afecta también a los camarones penaeidos durante el ciclo de muda, por ejemplo, en las especies de cultivo, como P. vannamei y P. brasilliensis, las más altas mortalidades, coinciden con una alta salinidad y la muda (Ferraris et al., 1986).

En estudios hechos en Metapenaeus ensis, se observó que hasta una ligera fluctuación en la salinidad, produce una respuesta en su metabolismo, y un cambio repentino y muy amplio en la salinidad, produce una fluctuación muy grande en el metabolismo, y toma cierto tiempo al organismo estabilizar su tasa metabólica inicial (Cheng y Fang, 1986; Hiroko et al., 1990).

La temperatura, más que otro factor ambiental, es el que tiene múltiples y diversos efectos sobre los organismos vivientes, ésta regula la velocidad de las reacciones

químicas, e influye directamente el crecimiento y el metabolismo en el sentido más alto (Prosser y Brown, 1968).

Los poiquiloterms, clasificación a la cuál pertenecen los crustáceos decápodos, carecen de mecanismos para regular la temperatura corporal (Sumich, 1981). Han sido estudiados extensivamente con respecto a la temperatura y se ha demostrado que les afecta tanto en la regulación osmótica como iónica. Por ejemplo; P. aztecus y P. duorarum mantuvieron un amplio rango de regulación de la concentración interna ante la salinidad a 28 °C pero al variar la temperatura a 8 °C ninguno pudo regular a altas salinidades. Esto solo se puede explicar de la manera siguiente: los organismos son afectados por la temperatura y debe de existir un mecanismo que regule la pérdida ganancia de iones en condiciones no favorables para poder sobrevivir (Mantel y Farmer, 1983).

Hiroko et al., (1990) mencionan en estudios hechos sobre la relación metabolismo-temperatura con larvas del camarón rosa Palaemon serratus que no hay una tendencia marcada en el rango del metabolismo a temperaturas entre 25 y 29 °C, esto indica el rango termal en el cuál no hay ningún efecto notable para las larvas, pero abajo y arriba de esa temperatura aparecen cambios a manera de decrementos o aumentos en el metabolismo.

Lo anterior coincide con el trabajo de Williams (1960), quien dice que juveniles y subadultos de P. aztecus, mostraron una pérdida de su habilidad osmorregulatoria al descender la temperatura del agua, presentándose además una actividad muy baja. En el camarón Penaeus brasilliensis se evidencía que existe un incremento en el metabolismo al incrementar la temperatura. Cuando estos dos factores son estudiados actuando en conjunto, los organismos muestran una tendencia al aumento en su metabolismo al incrementar ambos (Scelzo y Zúñiga, 1987; Hiroko et al., 1990).

Existe una gran necesidad de determinar el efecto de la salinidad y la temperatura en los camarones de cultivo en México, ya que son variables que pueden ser controladas; y si se conoce la combinación óptima para que el organismo poder aplicarla para mejorar la producción en menor tiempo y a menor costo, y lograr el mejor tamaño al menor gasto energético.

Los objetivos de este trabajo, son conocer el efecto sobre camarones juveniles Penaeus vannamei de la salinidad y las variaciones de la temperatura sobre la tasa metabólica. Y conocer el proceso de acondicionamiento a la salinidad en el tiempo en esta especie de gran importancia comercial en México.

MATERIALES Y METODOS

Se obtuvieron las larvas de camarones Penaeus vannamei del centro de producción de semilla del Cet del mar ubicado en la Paz, Baja California Sur y se engordaron en la Facultad de Ciencias Marinas. Al momento de el experimento se encontraban en estadio juvenil con un rango de peso de 5 a 7 gramos.

Para disminuir los efectos de manejo en el laboratorio se procuró adaptar a los organismos a las instalaciones de la siguiente manera: se mantuvieron 100 camarones Penaeus vannamei durante 15 días en 2 tanques de fibra de vidrio con capacidad de 1000 l cada uno, con flujo abierto de agua temperatura de 20 ± 2 °C y salinidad de 32 ppm.

Se les alimentó ad libitum 2 veces al día: a las 09:00 y a las 17:00 horas. El alimento se elaboró en esta Facultad y fué el que mejor resultados mostró en experimentos de nutrición de Penaeus vannamei (Sánchez Rodríguez, 1993).

El alimento fué elaborado con un contenido proximal de de 32 % de proteína, 10 % de lípidos y 32 % de carbohidratos como macronutrientes principales a partir de harina de trigo, harina de pescado, aceite de pescado, vitaminas y minerales (Sánchez Rodríguez, 1993).

Con el propósito de que el organismo se aclimatara a condiciones distintas de salinidad, se tomaron 50 camarones al azar y se dividieron en 10 peceras de vidrio con capacidad de 25 l. Fueron mantenidos ahí durante un periodo de 7 días.

La salinidad del agua de las peceras fué de 10, 20, 28, 32 (control) y 42 ppm. Para efectos de la preparación del agua a diferente salinidad que la del mar fué diluida con agua dulce filtrada por medio de filtros de cartucho y luz ultravioleta. Para preparar agua con salinidad mayor que la del agua de mar se adicionó con sal de una marca comercial utilizada para la preparación de agua de mar artificial. En esta etapa también se les alimentó dos veces por día ad libitum, retirando el alimento no consumido. Se les cambió el 100 % del agua cada 24 horas. La temperatura aproximada en los acuarios fué de 20 ± 2 °C.

EXPERIMENTO I.

Una vez acondicionados a la salinidad se determinó el efecto de las variaciones en la temperatura del agua sobre la QO_2 (consumo de oxígeno específico: $mlO_2/g/h$). Para medir la QO_2 , se colocaron 4 organismos individualmente en cámaras respiratorias de material plástico con una capacidad de 1.86 l. Las cámaras tenían dos orificios, uno en la parte superior (conducto de entrada del agua) y otro en la parte inferior

(conducto de salida). De esa manera se mantuvo el flujo continuo del agua preparada a las diferentes salinidades de aclimatación correspondientes antes de iniciar el experimento, y durante el experimento se pudieron cambiar las condiciones térmicas del agua sin tener que disturbar al organismo. La concentración de oxígeno se determinó dentro de las cámaras mediante un analizador de iones (ORION) de sensibilidad ± 0.001 mg/l.

Las mediciones del consumo de oxígeno se iniciaban una vez transcurridos 15 minutos de sellar las cámaras respiratorias y colocar los electrodos polarográficos sensibles al oxígeno. Finalizando a los 45 minutos de haberse iniciado la medición. Al transcurrir este lapso de tiempo se realizaron cambios del 100 % del agua de la cámara con agua a una nueva temperatura. La temperatura del agua se elevó a partir de la temperatura del medio ambiente 20 ± 2 °C hasta 32 °C en rangos de 4 °C mediante calentadores de agua.

Para analizar el efecto del descenso de la temperatura del agua desde 20 ± 2 °C se utilizó otro grupo de camarones aclimatados a la salinidad y se les sometió a decrementos de la temperatura del agua en rangos de 4 °C hasta un mínimo 12 °C. Se utilizó hielo contenido dentro de botellas cerradas para evitar la alteración de la salinidad. El agua era aireada previamente y preparada a las distintas salinidades

de aclimatación.

Durante las mediciones del consumo de oxígeno por cada organismo durante aproximadamente 45 minutos, se procuró que el organismo no abatiera dentro de la cámara respiratoria más allá del 30 % del oxígeno disponible.

Posterior a la medición del consumo de oxígeno se midió el volumen de agua de la cámara, se observó el sexo y el estado de muda (mediante el análisis del telson del camarón por medio de un microscopio estereoscópico). Se obtuvo el peso seco colocándolos en un horno a 90 °C durante 24 horas y pesándolos al final con una balanza analítica con precisión de 0.001 g.

El consumo de oxígeno se calculó mediante la diferencia de la concentración del oxígeno inicial y la concentración final siendo esta en mg O₂/l. Posteriormente se realizó una transformación a ml O₂/g/h mediante la utilización de la formula siguiente:

$$((\text{mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}) / T * (60) = (\text{mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}) \text{h}^{-1}$$

$$((\text{mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}) \text{h}^{-1}) * (V) = \text{mg O}_2 \cdot \text{h}^{-1} , V = V_c - V_d$$

$$\text{mg O}_2 \cdot \text{h}^{-1}) * (0.6998) = \text{ml O}_2 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$(\text{ml O}_2 \cdot \text{h}^{-1}) * (P) = \text{ml O}_2 / \text{g/h} = \text{QO}_2$$

$$\text{QO}_2 = \text{ml O}_2 / \text{g/h}$$

donde (T) es el tiempo de duración de la medición, (V) el volumen neto de la cámara respiratoria después de considerado el desplazado (V_d) del volumen de la cámara (V_c). (P) es el peso seco (en g). (QO_2) es el consumo de oxígeno específico del peso también llamada tasa metabólica. Así mismo se calculó el Q_{10} con valores obtenidos de la regresión de la QO_2 en las fases de aumento y descenso de la temperatura. El cálculo se hizo de acuerdo a lo descrito por Prosser y Brown, (1968) .

$$\text{Q}_{10} = (R_2 / R_1) (10/T_2 - T_1)$$

Donde (R_2) es la QO_2 en temperatura final, (R_1) es la QO_2 a temperatura inicial, (T_2 y T_1) son las temperaturas final e inicial respectivamente.

Se verificó la normalidad de los datos con la prueba "Kolmogorov-Smirnoff" con un nivel de significancia de alfa = 0.10. Se obtuvo la superficie de respuesta mediante el programa estadístico STATISTICA, así mismo se calculó con datos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (ppm) de aclimatación como variables independientes sobre la variación de la QO_2

(consumo de oxígeno) la regresión múltiple de los datos y el ANOVA de la regresión múltiple utilizando el software para microcomputador MINITAB. Se analizó el efecto de los factores mediante un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) (Snedecor y Cochran, 1977) siendo la salinidad (ppm), y la temperatura (°C) los factores utilizados para establecer la significancia de la variación de la QO_2 .

EXPERIMENTO II

En este experimento se investigó el efecto sobre el camarón Penaeus vannamei de la salinidad y su capacidad de aclimatación a la misma en condiciones de laboratorio.

Para lo anterior se realizaron una serie de mediciones continuas cada 2 horas a la temperatura ambiente (20 ± 2 °C) y las diferentes salinidades durante dos períodos de tiempo de 35 h, uno de 38 h y dos de 42 h en el caso de camarones de (0.6 a 0.85 g de peso seco). Dos periodos de tiempo de 35 h y tres de 38 h en el caso de camarones de (1.2 a 1.72 g de peso seco).

Se tomaron 20 camarones al azar de los tanques de acondicionamiento. Se colocaron 4 organismos (dos de rango de peso de 1.2 a 1.72 g y dos de 0.6 a 0.85 g) colocándolos en forma individual en cada una de las 4 cámaras respiratorias.

Se colocó el electrodo en el orificio de la tapa de la cámara respiratoria, se selló la cámara, se llenó de agua según las distintas salinidades de experimentación: 10, 20, 28, 32 (control) y 42 ppm preparándose el agua según lo mencionado en el experimento I. Se tomó la lectura inicial de oxígeno disuelto después de 15 minutos de permanencia de los camarones dentro de las cámaras. Después de un lapso de 45 minutos se realizó otra medición (lectura final). Después de esta primera medición, se introdujo el agua con la salinidad en la que se deseaba analizar el consumo de oxígeno del camarón. Para observar el consumo de oxígeno en esta nueva salinidad en los intervalos de tiempo de 35, 38 y 42 horas. Durante estos intervalos de tiempo se establecieron lapsos de tiempo de aproximadamente dos horas sin medición de consumo de oxígeno en las que se mantuvieron abiertas las cámaras respiratorias y se realizaron cambios de agua previamente preparada a la salinidad de experimentación correspondiente y aireada.

Pasado ese tiempo se procedió a tomar otra lectura (lectura inicial) y al cabo de una hora otra lectura final, esto se repitió sin interrupción durante el tiempo mencionado anteriormente.

Este procedimiento se realizó en cada una de las siguientes salinidades: 10, 20, 28, 32 (control) y 42 ppm.

En cada salinidad se colocaron organismos diferentes. Al finalizar las mediciones de la QO_2 en cada salinidad, se midió el volumen de agua contenido dentro de la cámara, se observó sexo y estado de muda del camarón (con el mismo procedimiento descrito anteriormente) y posteriormente se colocaron en un horno a una temperatura de 90 °C durante 24 horas. Después de esto se pesó el organismo seco y se calculó el metabolismo específico del peso.

Se verificó la normalidad de los datos obtenidos mediante la prueba "Kolmogorov-Smirnoff" (Sokal y Rohlf, 1981) con una significancia a una alfa de 0.10. Se estableció la significancia del efecto del tiempo sobre el metabolismo de los camarones colocados a salinidades distintas mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía (Steel y Torry, 1980) utilizando el software para microcomputador STATGRAPHICS.

Se realizó un ajuste polinomial de los resultados mediante el programa de software para microcomputador STATISTICA.

RESULTADOS

EXPERIMENTO I.

La variación de la temperatura tanto ascendente como descendente se realizó a partir de la temperatura ambiental partiendo así el experimento en dos fases. Se presenta en las figuras 1 y 2.

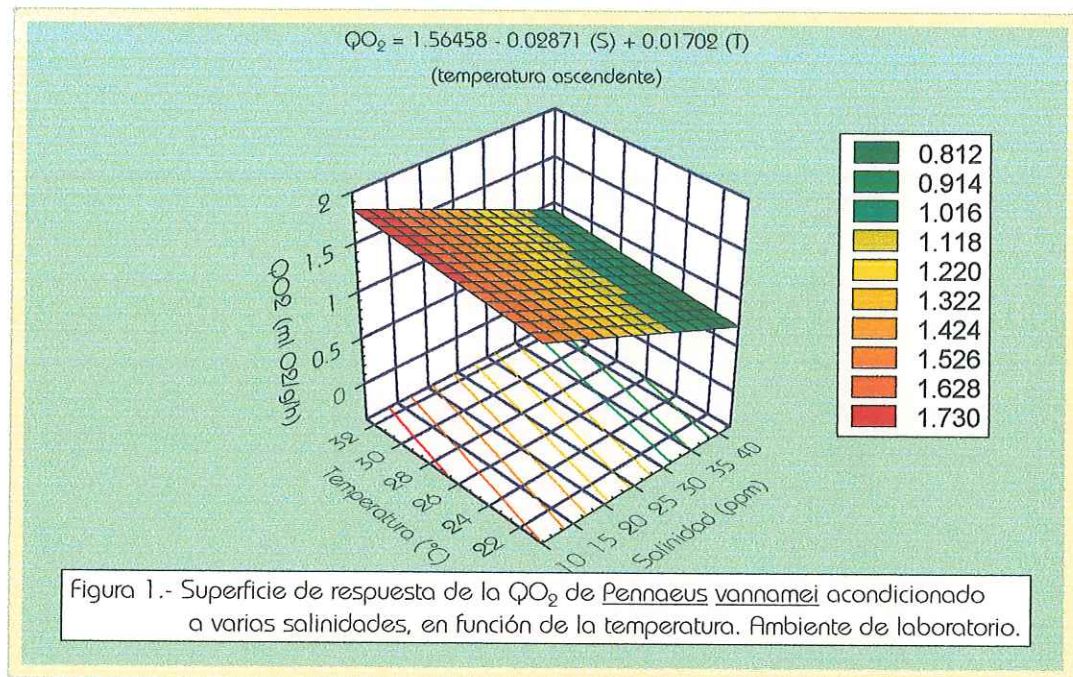
En la figura 1 se muestran los resultados de la QO_2 en función del ascenso de la temperatura en las diferentes salinidades de aclimatación, en donde el mayor valor metabólico (aproximadamente $1.8 \text{ mlO}_2/\text{g/h}$) fue a temperatura de 32°C y salinidad de 10 ppm y el menor valor metabólico fué a 24°C y 42 ppm. Es notable además que a temperatura de 24°C y salinidad de 32 ppm el QO_2 alrededor de ($1.0 \text{ mlO}_2/\text{g/h.}$)

la regresión múltiple calculada fue la siguiente expresión:

$$QO_2 = 1.5645 - 0.02871(S) + 0.01702(T)$$

misma que fué el resultado de discriminar variables no significativas del modelo:

$$QO_2 = b_0 + b_1 (S) + b_2 (S)^2 + b_3 (T) + b_4 (T)^2 + b_5 (ST).$$



En donde: QO_2 es consumo de oxígeno específico del peso o también tasa metabólica ($mlO_2/g/h$), S es salinidad (ppm), y T es temperatura ($^{\circ}C$).

El análisis de la regresión de la superficie de respuesta fué significativo ($P < 0.05$) (Tabla I).

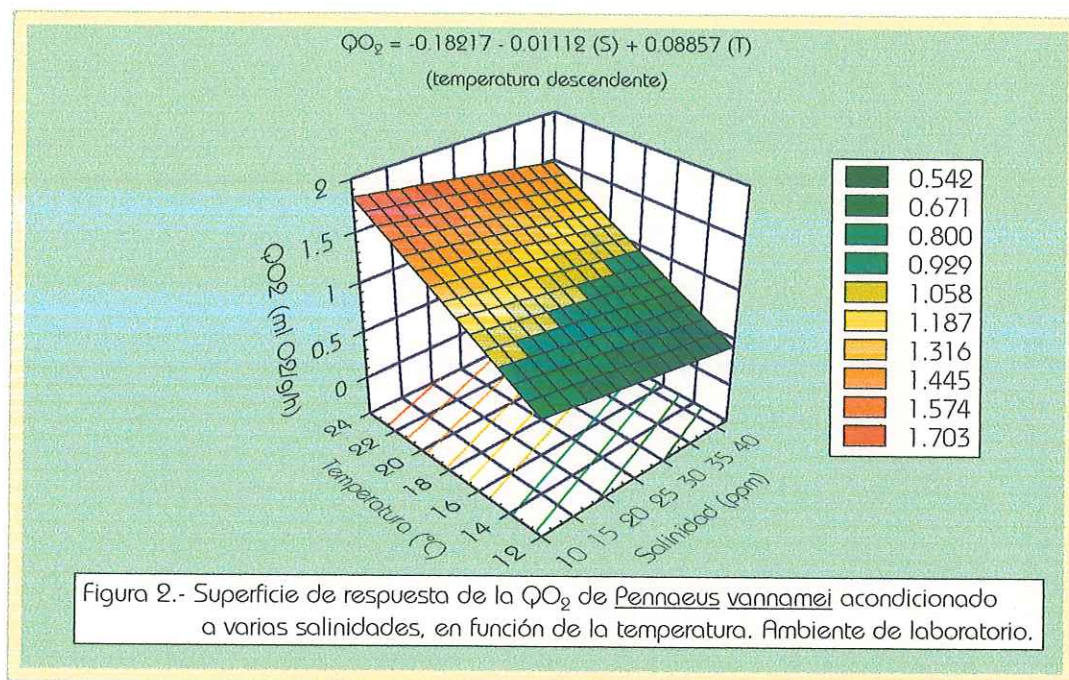
En la figura 2, se presentan los resultados del efecto sobre la QO_2 del camarón del descenso de la temperatura en las diferentes salinidades de aclimatación. El valor mayor de QO_2 fué en $20^{\circ}C$ y salinidad de 12 ppm mientras que el valor menor fué en $12^{\circ}C$ y 42 ppm. Es notable que entre los $16^{\circ}C$ y $20^{\circ}C$ en todas las salinidades de aclimatación los organismos presentaron un valor metabólico alrededor de $1.0 mlO_2/g/h$. Se calculó la regresión múltiple y posterior al análisis discriminatorio de términos no significativos a partir del modelo inicial:

$$QO_2 = b_0 + b_1 (S) + b_2 (S)^2 + b_3 (T) + b_4 (T)^2 + b_5 (ST)$$

se ajustó la siguiente expresión:

$$QO_2 = -0.01821 - 0.0111(S) + 0.08857(T)$$

En donde: QO_2 es el consumo de oxígeno específico del peso o también tasa metabólica ($mlO_2/g/h$), (S) es salinidad



(ppm), y (T) es temperatura (°C.)

El análisis de la regresión de la superficie de respuesta no fué significativo ($P > 0.05$) (Tabla II).

Se efectuó la prueba de ANOVA de dos vías para probar el efecto sobre la QO_2 de los camarones Penaeus vannamei de la salinidad y variación en la temperatura. El efecto de estos fué fué significativo a ($P < 0.05$). (tabla III, IV)

En la tabla V se muestran los valores de Q_{10} calculados a partir de la ecuación de la regresión múltiple al elevar la temperatura. El Q_{10} de los incrementos de la temperatura por cada 4 grados tiene un mismo patrón en cada grupo de acondicionamiento osmótico, y fué alrededor de 1. El cálculo global de Q_{10} desde 21 a 32 °C resultó con un valor ligeramente superior a 1.1 en todas las salinidades de aclimatación.

Los valores de Q_{10} se incrementaron al descender la temperatura desde 23 a 16 °C en todas las condiciones de aclimatación a la salinidad con un valor de Q_{10} alrededor de 2. En cambio de 16 a 12 °C el Q_{10} aumentó de 2.6 a 4.4 conforme aumentó la salinidad. Al calcular el valor global del Q_{10} de 23 a 12 °C los valores obtenidos variaron de 2.1 a 2.9, en relación con el aumento de la salinidad.

EXPERIMENTO II.

Los resultados de aclimatación a salinidades distintas se presentan en dos grupos de tamaño procurando evitar enmascaramiento del efecto del peso sobre la QO_2 . Los organismos tuvieron un rango de peso seco (de 0.60 a 0.85 gramos) (chicos) y rango de peso seco (de 1.20 a 1.72 gramos) (grandes).

En la figura 3 se presentan los resultados de la variación de la QO_2 durante la aclimatación a salinidades distintas para camarones grandes (1.2 a 1.72 g). En la figura 4 para los camarones chicos (0.6 a 0.85 g).

Es sobresaliente que en todas las figuras se presenta un comportamiento oscilatorio entre valores de (0.5 a 2.5 ml O_2 /g/h), con una tendencia al descenso de la QO_2 al final del tiempo de experimentación (35 a 42 h).

En la figura 3(A), la variación de la QO_2 de P. vannamei de tamaño grande (1.2 a 1.72 g) a temperatura de 22 °C y salinidad de 10 ppm fué de 0.5 a 1.5 ml O_2 /g/h. La QO_2 en esta salinidad varió constantemente entre 0.5 a 1.5 ml O_2 /g/h de una medición a otra. El ANOVA de una vía fué significativa ($P < 0.05$) (Tabla VII).

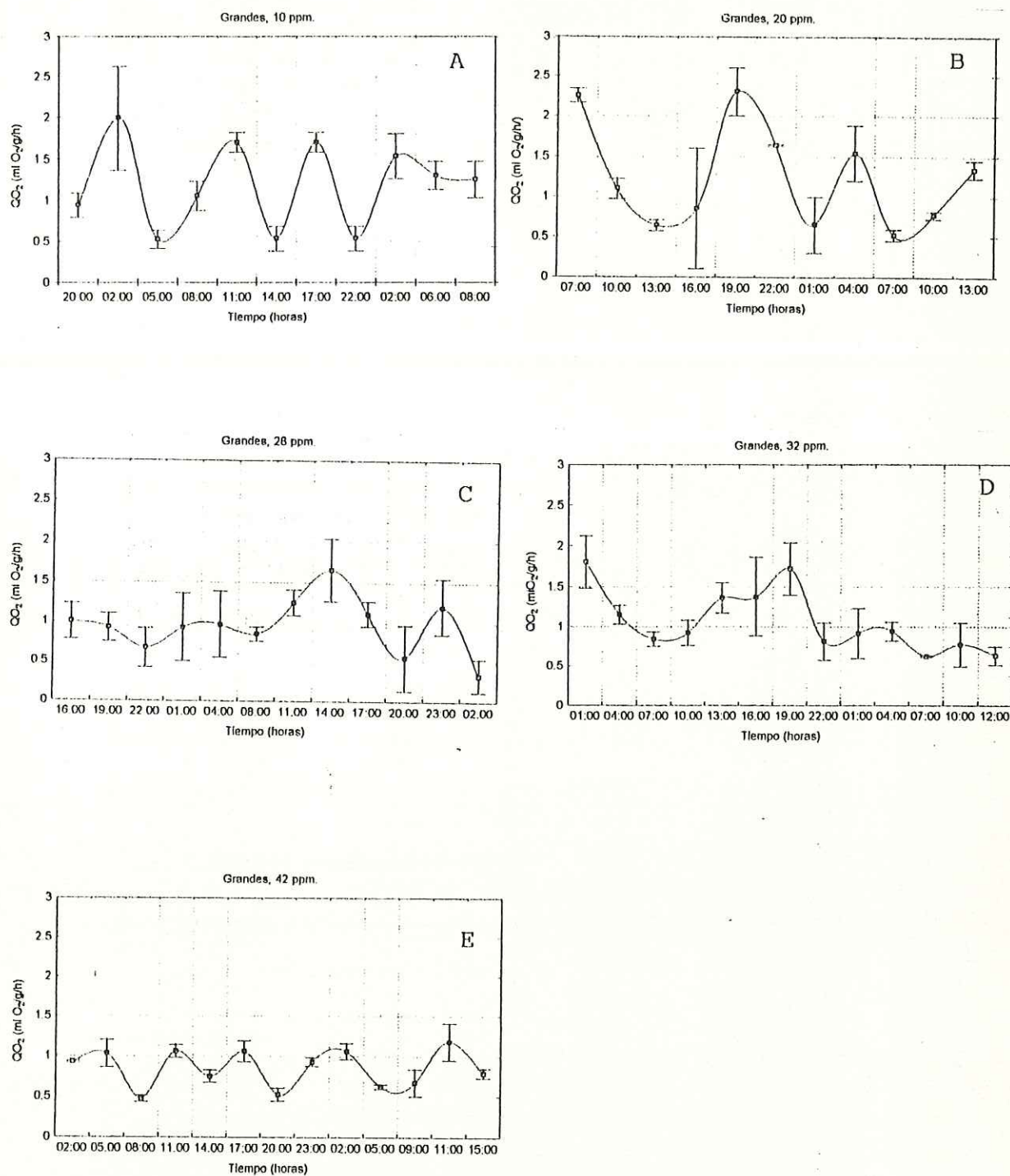


Figura 3. Variación promedio de la QO_2 de *Penaeus vannamei* de rango de peso seco de 1.2 a 1.72 g en $22 \pm 2^\circ C$, al ser transferidos de 32 ppm a: 10 ppm (A), 20 ppm (B), 28 ppm (C), 32 ppm (D) y 42 ppm (E). Las barras verticales representan la desviación estándar.

La respuesta metabólica de P. vannamei de tamaño pequeño (0.6 a 0.85 g) fué amplia durante las primeras mediciones (nocturnas) variando de 0.5 a 3.5 ml O₂/g/h y muy estrecha durante las últimas mediciones 0.5 a 0.7 mlO₂/g/h (Fig. 8). El ANOVA de una vía no fué significativa (P>0.05) (Tabla XII)

En las figuras 3(B) y 4(B) se presenta la variación metabólica del camarón P. vannamei de ambos tamaños a 22 °C y salinidad de 20 ppm observandose un comportamiento similar: valores de QO₂ más altos durante las mediciones nocturnas y lo contrario en las mediciones diurnas. La QO₂ fluctuó entre 0.2 a 3 mlO₂/g/h, el ANOVA de una vía para los organismos de talla grande y talla pequeña fué significativa (P<0.05) (Tablas VIII y XIII).

En la figura 3(C) se presentan los valores de QO₂ de P. vannamei de talla grande a 22 °C y salinidad de 28 ppm. La variación fue pequeña (de 0.5 a 1.5 ml O₂/g/h) con los valores máximos de QO₂ entre 1.2 y 1.5 ml O₂/g/h durante las mediciones nocturnas. El ANOVA de una vía no fué significativa (P>0.05) (Tabla IX).

En la figura 4(C), se muestran los resultados de la QO₂ de P. vannamei de (0.6 a 0.85 g de peso seco) en de 22 °C y salinidad de 28 ppm. El rango de la QO₂ fue de 0.8 a 2.1 mlO₂/g/h con los valores máximos (1.4 a 2.1 mlO₂/g/h) durante

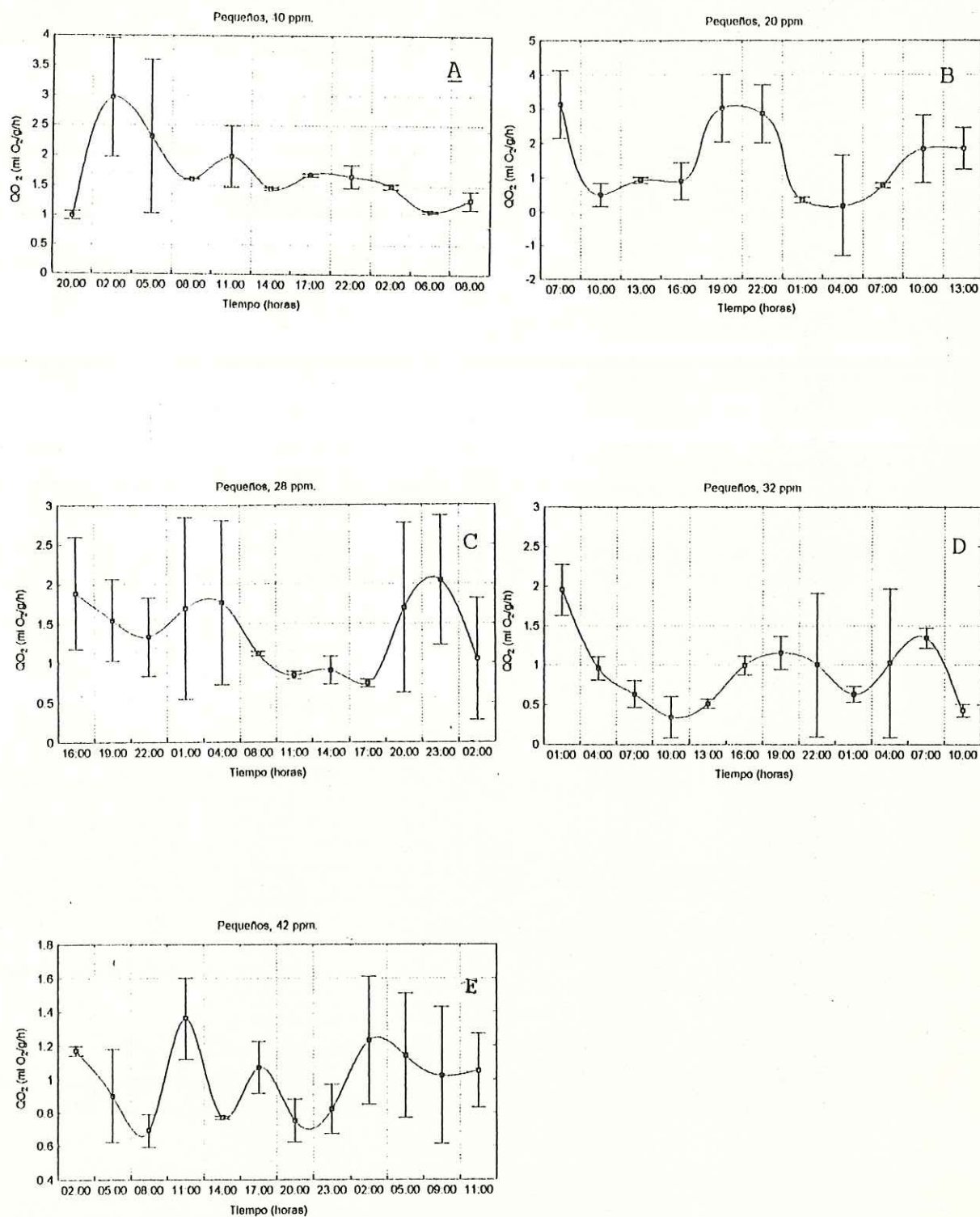


Figura 4. Variación promedio de la QO_2 de *Penaeus vannamei* de rango de peso seco de 0.6 a 0.85 g en $22 \pm 2^\circ C$, al ser transferidos de 32 ppm a: 10 ppm (A), 20 ppm (B), 28 ppm (C), 32 ppm (D), y 42 ppm (E). Las barras verticales representan la desviación estándar.

las mediciones nocturnas. El ANOVA de una vía no fué significativa ($P > 0.90$) (Tabla XIV).

La salinidad de 32 ppm en el camarón P. vannamei en ambas rangos no mostró un efecto notable sobre el consumo de oxígeno ya que este tuvo una oscilación entre 0.4 y 1.2 mlO₂/g/h aproximadamente. Los valores máximos se presentaron durante las mediciones nocturnas (Figs. 3(D) y 4(D)). El efecto del tiempo de acuerdo al ANOVA de una vía para los organismos de rango de peso seco de (1.2 a 1.72 g) no fué significativa ($P > 0.05$) (Tabla X). El ANOVA de una vía para los organismos de talla pequeña fué significativa ($P < 0.05$) (Tabla XV).

En las figuras 3(E) y 4(E), la variación de la QO₂ del camarón P. vannamei a 22 °C y salinidad de 42 ppm tampoco mostró una variación importante, ya que este valor fluctuó entre 0.9 a 1.1 mlO₂/h . No se observaron tendencias de aumento o disminución debido al efecto de la salinidad. El ANOVA de una vía para los organismos de rango de peso seco (1.2 a 1.72 g) fué significativa ($P < 0.05$) (Tabla XI). El ANOVA de una vía para los organismos de (0.6 a 0.85 g) fué significativa ($P < 0.05$) (Tabla XVI).

DISCUSION

En Penaeus vannamei aclimatados a distintas salinidades la respuesta de la variación de la QO_2 de acuerdo a la variación de la temperatura no se presentó (Fig. 1) lo cuál nos induce a pensar que esto se puede deber a mecanismos de compensación térmica eficientes. El desarrollo de éstos mecanismos sugieren ser una respuesta de adaptación al medio ambiente en que habita, principalmente esteros y lagunas, ya que las variaciones de 22 a 32 °C de la temperatura del agua, son una característica usual (Rosas et al., 1993). El diseño experimental, permitió explorar la capacidad de compensación ya que al aumentar la temperatura desde 20 °C a 32 °C los valores de Q_{10} alrededor de uno se semejan mucho las respuesta de compensación completa según Pretch (1955). Prosser y Brown (1968) menciona que los valores típicos en los poiquiloterms se encuentran entre dos y tres. El aumento de la actividad metabólica en correspondencia con el de la temperatura es un proceso del cuál los organismos poiquiloterms no escapan. Dalla Vía (1987) a este respecto menciona que Palaemonetes antennarius exhibe un incremento en el rango metabólico del 20 al 30% al incrementar las salinidades de 10 a 20 ppm. Así mismo, los poiquiloterms muestran un incremento en el rango metabólico en relación al aumento de la temperatura (Kinne, 1968); (Alderdice, 1971). Este comportamiento ha sido reportado anteriormente para

otros camarones: P. chinensis (Chen y Nan, 1993); P. monodon (Liao y Huang, 1975); Palaemon serratus (Yagi y Ceccaldi, 1990). Sin embargo algunos organismos han desarrollado mecanismos de respuesta ante la influencia de la temperatura como es la compensación termal (Pretch, 1965).

Esto nos induce a pensar que durante la experimentación P. vannamei mostró capacidad de compensación termal ante cambios de temperatura. Aunque resulta difícil explicar el hecho que hayan muerto 2 organismos en 32 °C no obstante que el Q_{10} se mantuvo cercano a 1.1 a esta temperatura. Estas muertes pudieron ser debido al "stress" causado por el manejo en el laboratorio. Yagi y Ceccaldi (1990) reportan "stress" fisiológico para Palaemon serratus cuando la temperatura se acerca a los límites termales.

Se considera oportuno establecer la determinación de límites letales de acuerdo a la metodología standard (Prosser y Brown, 1968) en virtud de que en este experimento se aplicó otra metodología para alcanzar el objetivo y no semejan los criterios descritos por Prosser y Brown (1968).

Se considera que la variación de la QO_2 ante la variación de la salinidad pudo ser debido a que el tiempo de aclimatación no fué suficiente. Sin embargo, se cree que posee capacidad de resistencia, ya que no presentó mortalidad

en las salinidades extremas (10 y 42 ppm) durante la semana de duración del acondicionamiento. Lo cuál sugiere que el mecanismo de regulación osmótica es eficiente aunque no sea necesario desarrollar una aclimatación halina. Por la capacidad de compensación termal y la resistencia al rigor osmótico menor de 42 y mayor de 10 ppm se explica que P. vannamei encuentra satisfactorias las condiciones de los esteros, temperatura elevada y salinidad baja, aunque también está capacitado para resistir condiciones extremas.

Los datos de la figura 2 reflejan el efecto del acondicionamiento de P. vannamei a la salinidad. El resultado de que los sometidos a baja salinidad con respecto a los de la mayor salinidad tenga valores metabólicos de casi tres veces mayor puede estar relacionado a que la capacidad de osmorregulación es más eficiente en bajas salinidades (Prosser y Brown, 1968). Este organismo aparentemente tiene preferencias por salinidades bajas (prefiere la salinidad de 10 a la de 15 y 20 ppm (Rodríguez, 1980); (Mair, 1980). La época en que mayor crecimiento presenta P. vannamei es en la época de lluvias (junio a agosto) cuando la salinidad alcanza los valores más (2 a 10 ppm) (Rodríguez, 1980).

Chen y Fang (1986) mencionan que Metapenaeus ensis en salinidades no favorables deja de respirar en virtud de que las branquias son el sitio donde sucede el intercambio iónico

(Mantel y Farmer, 1983). De tal manera que al disminuir el flujo a través de las branquias se disminuye el efecto osmótico, con lo cuál se reduce el intercambio gaseoso (respiración), impactando de manera directa la actividad metabólica.

Otro mecanismo de respuesta es la huída o escape (Sumich, 1981). Kinne (1968) enumera diversas actitudes de escape ante condiciones extremas de salinidad y temperatura; Por ejemplo: migración, movimientos con el propósito de enterrarse o de meterse en agujeros, reducción del consumo de oxígeno para minimizar el flujo de iones del medio ambiente hacia dentro del organismo, etc. Sin embargo este mecanismo lo descartamos en virtud de que el organismo no tenía manera de escapar de la cámara respiratoria y el gasto metabólico por actividad debió suceder en los primeros días de aclimatación.

Se considera que la disminución de la QO_2 en actividades cercanas a 40 ppm este relacionado con una respuesta de control iónico con reducción del flujo a través de las branquias (Mantel y Farmer, 1983). Este comportamiento es propuesto también por Cheng y Fang (1986) para Metapenaeus ensis por lo que salinidades bajas parecen ser menos estresantes ya que al no presentarse esta respuesta el organismo respira normalmente y por consecuencia su

metabolismo puede ser mayor. Por otra parte se ha encontrado que la mayoría de los camarones poseen capacidad de regulación iónica mayor en salinidades por debajo de la típica hasta cerca de los 10 ppm, por ejemplo, Palaemonetes varians (Hagerman y Uglow, 1983); y para diversas especies de camarones Penaeus duorarum (Bursey y Lane, 1971); P. aztecus, P. vannamei, P. setiferus y P. stylirostris (Castille y Lawrence, 1981); Metapenaeus monoceros (Rao, 1957); P. plebejus, P. esculentus, P. merguiensis y Metapenaeus bennettiae (Dall y Smith, 1981); Crangon septemspinosa (Haefner, 1970); P. stylirostris, P. monodon (Gaudy y Sloane, 1981); y P. chinensis (Chen y Nan, 1993).

Por lo anterior se podría pensar que P. vannamei puede disponer de más energía para otras funciones fisiológicas, por ejemplo: crecer, reproducirse y quizá fortalecer su sistema inmunológico. Lo cuál sería una explicación de los valores de QO_2 más elevados casi con el triple en salinidades bajas, lo cuál incluso podría ser la razón por la cual Penaeus vannamei pasa una buena parte de su ciclo de vida en esteros y estuarios donde la salinidad tiende a ser menor que la típica de mar. Por otra parte, es importante recalcar que estas capacidades fisiológicas, reflejo de los resultados obtenidos no podrían ser extrapolados a otras etapas del desarrollo ya que es necesario probar la hipótesis que así sucede desde postlarvas hasta adultos.

La respuesta fisiológica de P. vannamei ante una disminución de temperatura (Fig. 2) no es reflejo del comportamiento presentado ante el ascenso de la temperatura, razón por la cuál en el experimento I se analizaron por separado los resultados al elevar la temperatura a partir de la ambiental, de los resultados de disminuir la temperatura a partir de la ambiental.

En esta etapa en Penaeus vannamei su metabolismo varió de acuerdo a la variación termal y los resultados obtenidos al disminuir la temperatura sugieren la existencia de un mecanismo de aclimatación respecto a la adaptación térmica lo cual implica la capacidad de compensación. Esta capacidad, según nuestros resultados, tiende a perderse al aumentar la temperatura.

Por lo anterior se considera que el hecho de no modificar los valores metabólicos al elevar la temperatura se puede deber a la capacidad de compensación.

Los resultados revelan capacidad de compensación en corto plazo ante la elevación de la temperatura.

Los resultados obtenidos para Penaeus vannamei ante la disminución de la temperatura reflejan una estrategia distinta. Primero, la temperatura sí modifica el Q_{10}

elevándose éste conforme disminuye la temperatura y aumenta la salinidad, por lo cuál se sugiere que existe un mecanismo de respuesta a corto plazo para enfrentar un descenso en la temperatura pero no soportable a largo plazo ya que la disminución de la producción de energía podría llegar a niveles críticos letales para el organismo. Además este mecanismo de compensación termal es afectado al encontrarse el organismo ante un proceso de osmorregulación en salinidades extremas.

Villarreal et al., (1992) indican que el rango de consumo de oxígeno de P. vannamei es significativamente dependiente de la temperatura. Esta fué una respuesta esperada, ya que, en el hábitat de P. vannamei (zona trópica) es común que ascienda la temperatura ambiental más no alcanza los valores de la temperatura menor (12 °C) disminuida en el experimento. La temperatura de 12 °C altera notablemente la actividad metabólica. Por lo cuál es factible pensar que bajo condiciones de cultivo en temperaturas que varían en los rangos experimentales, sobre todo, en los rangos en que la temperatura desciende, no es de esperarse un buen crecimiento debido a la inhibición metabólica que esto implica. Diversos estudios se han realizado para investigar el efecto de la temperatura sobre los organismos. Kinne (1968), dice que los organismos muestran reacciones de escape ante temperaturas extremas de manera similar que las presentadas ante

salinidades extremas, lo cuál no fue posible establecerlo dado el diseño de la infraestructura experimental.

Yagi y Ceccaldi (1990) reportan que Palaemon serratus muestra una alta sensibilidad ante las variaciones de temperatura. El consumo de oxígeno de Callinassa Kraussi se ve influenciado por un cambio en la temperatura (Hanekom, 1987), comportamientos similares son reportados ampliamente en la literatura; para P. vannamei (Gutierrez, 1980); Palaemonetes antennarius (Dalla, 1987); Penaeus monodon (Liao y Murai, 1986).

El comportamiento observado ante el descenso de la temperatura (fig. 2) es difícil de explicar ya que se supone hay una menor permeabilidad de las membranas, favorecido por la disminución de la temperatura. Prosser y Brown (1968) mencionaron que uno de los efectos al elevarse la temperatura es la mayor permeabilidad de las membranas, dicho proceso es reversible (Mantel y Farmer, 1987) al adaptarse el organismo a las nuevas condiciones ambientales. También cabe la posibilidad de que el efecto de la disminución de la temperatura haya afectado el sistema enzimático. (La disminución de la temperatura provoca un descenso en la actividad enzimática que si se mantiene por un tiempo largo puede causar la muerte del organismo (Prosser y Brown, 1968)). Lo cuál puede incidir fuertemente sobre los procesos

de control osmótico. El hecho de que los valores metabólicos hayan sido los más elevados en salinidad de 42 ppm podría entenderse como una condición en la cuál se requiere de inversión energética para enfrentar parámetros ambientales extremos, cuando las condiciones coinciden con descenso de la temperatura. Al parecer, estos resultados demuestran que existe un mecanismo de respuesta distinto cuando la temperatura aumenta o disminuye a partir de la temperatura ambiente.

En esta segunda parte queda bastante claro como el factor que inhibe el metabolismo es la temperatura, lo cuál corresponde a los descrito de manera general para poiquilothermos (Mantel y Farmer, 1983); (Hiroko et al., 1990); en cambio, en la primera parte al parecer lo causa la salinidad elevada y no las salinidades bajas, lo cuál tiene sentido si se toma en cuenta que el valor de concentración interna de hemolinfa, 718 mOs/k^{-1} es isotónica al agua de mar con una salinidad de 24.7 ppm (Castille y Lawrence, 1981).

EXPERIMENTO II

En todo proceso de aclimatación sucede un ajuste con lo cuál el organismo busca la homeostasia (Prosser y Brown, 1968). Sumich (1981) menciona que esta característica tendiente a mantener un balance interno respecto al medio ambiente es propia de todo organismo viviente. Sin embargo,

Otras investigaciones reportan este comportamiento en diversos crustáceos: Palaemonetes antennarius, (Dalla, 1987); Penaeus japonicus, (Dalla, 1986); P. aztecus, P. setiferus, S. brevirostris, P. spinicarpus, C. similis, (Rosas et al., 1992).

Se considera que salinidades de 10 y 42 ppm provocan una oscilación constante y muy marcada durante el experimento tanto en organismos de tamaño grande (Figs. 3(A)(D)) como en organismo de tamaño chico (Figs. 4(A)(D)) debido a que el organismo no termina de alcanzar su balance interno, lo cuál nos lleva a considerar a estas salinidades como condiciones extremas en las cuáles el organismo no logra su homeostasia. Por lo que se considera que aún después de 38 horas no se alcanzó la aclimatación completa. Esto también corresponde a lo expresado en las figuras 1 y 2.

Lo que sucedió en salinidad de 20 ppm en las dos tallas experimentales, no obstante ser condiciones de casi isotonicidad respecto al medio ambiente (Castille y Lawrence, 1987), el organismo muestra una tendencia hacia la homeostasia ya que las oscilaciones tienden a ser cada vez menores. En 28 ppm la variación presentada por los organismo de (0.6 a 0.85 g) podría deberse al manejo en el laboratorio. Los organismos de tamaño pequeño aparentemente son más susceptibles que los organismos de tamaño grande a estresarse

por el manejo. La variación presentada por los organismos de tamaño grande (1.2 a 1.7 g) no fué muy marcada; esto fué muy posiblemente debido a que estaban en salinidad muy cercana a su punto isotónico. Esto es aplicable también a los organismo que se encontraban en la salinidad control (32 ppm) en ambas tallas experimentales; aunque también podrían estar influenciados por el stress causado debido al manejo en el laboratorio.

CONCLUSIONES

El análisis de los datos de la variación metabólica de P. vannamei ante el ascenso o descenso de la temperatura ambiental indican que éste organismo posee estrategias diferentes para minimizar el efecto de la temperatura sobre el metabolismo. No obstante haber sido sometido a cierto rigor osmotico

P. vannamei mostró capacidad de compensación termal eficiente al ascender la temperatura de 22 a 32 °C. Lo cual no sucedió al descender de 23 a 12 °C.

Las salinidades experimentadas de 10 y 42 ppm provocaron que la oscilación de la QO_2 fuera mayor con respecto a las otras salinidades independientemente de la talla.

Las salinidades de 20, 28 y 32 ppm no provocaron cambios sobresalientes sobre la tasa metabólica de Penaeus vannamei

Penaeus vannamei presentó capacidad de resistencia ante el influjo de salinidades extremas.

En P. vannamei no se logró la homeostacia osmótica en un tiempo de 42 h.

Se considera que estas capacidades pueden ser manipuladas para una aplicación directa en condiciones de cautiverio con propósitos acuiculturales.

LITERATURA CITADA

- Alderdice, D.F. 1971. Factor combination: Responses of marine poikilotherms to environmental factors acting in concert pp. 1659-1716. In Marine Ecology 1 (3):
- Brendel, K and M.A. Lizalde. 1975. A simple volumetric procedure to measure oxygen uptake of small aquatic animals. Poc. World. maricul. Soc. 6:495-508
- Bursey CH. R. and C. E. Lane .1971. Osmorregulation in the pink shrimp Penaeus duorarum Burkenroad.Comp. Biochem. Physiol. vol 39A: 483-493.
- Castille, F.L. and A.L. Lawrence. 1981. The Effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentration in the hemolymph of euryhaline shrimp on the genus Penaeus Comp Biochem. Physiol. vol 68A: 75-80.
- Chen, I.M. and L.S. Fang. 1986. Metabolic and osmotic responses of Metapenaeus ensis (De Haan) subjectec to sudden salinity change. p. 629-632. In J.L. Maclean, J.L., L.B. Dizon y L.V. Hozillos (Eds.) The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Dall, W. and D.M. Smith. 1981. Ionic regulation of four species of penaeus prawn. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 54: pp.55-64.
- Dalla Via, G.J. 1986. Salinity responses of the juvenile penaeid shrimp Penaeus japonicus I. Oxygen consumption and estimations of Productivity. Aquaculture: 55 pp 297-306.
1987. Effects of salinity and temperature on oxygen consumption in a freshwater population of Palaemonetes antennarius (Crustacea decapoda). Comp. Biochem. Physiol.88A: no. 2, pp.299-305.

- Ferraris, R.P., F.D. Parado-Esteva, E.G. De Jesus and J.M. Ladja. 1986. Osmoregulation in Penaeus monodon: Effects of molting and external salinity, pp. 637-640. In J.L. Maclean, J.L., L.B. Dizon y L.V. Hozillos (Eds.) The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Gaudy, R. and L. Sloane .1981. Effect of salinity on oxygen consumption in postlarvae of the penaeid shrimps Penaeus monodon y P. stylirostris without and with acclimation. Mar. Biol. 65: 296-301.
- Gutiérrez, J.L. 1980. Ecología y crecimiento de Penaeus vannamei (Boone) en laguna "Las Cabras" del sistema Chametla-Teacam, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur.
- Haefner, P.A. 1970. The effect of low dissolved oxygen concentrations on temperature-salinity tolerance of the sand shrimp, Crangon septemspinosa Say. Physiological Zoology. 43:30-37.
- Hagerman, L. and R.F. Uglow. 1983. The influence of temperature on the osmoregulation of the brackish-water shrimp Palaemonetes varians (Leach). Ophelia 22(2): 229-236.
- Hanekom, N.M. and Baird, D., 1987. Oxygen consumption of Callinassa kraussi Stebbing (Thalassinidea, Decapoda, Crustacea) in relation to various environmental conditions. South African Journal of Zoology 22(3): pp. 183-189.
- Hughes D.A., 1969. Responses to salinity change as tidal transport mechanism of pink shrimp, Penaeus duorarum Biol. Bull., 136: 43-53.
- Jones, M.B., 1974. Survival and oxygen consumption in various salinities of three species of Idotea (Crustacea, Isopoda) from different habitats. Comp. Biochem. Physiol. 48:501-506.

- Kinne, O. 1967. Physiology of stauarine organisms with special reference to salinity and temperature; general aspects. 525-540. In: G.H. Lauff (Editor), *Estuaries*. American Association for the advancement of science. Washinton, D.C,
- Liao, I.C. and T. Murai. 1986. Effect of dissolved oxygen, temperature and salinity on the oxygen consumption of the grass shrimp, Penaeus monodon. pp. 641-646. In J.L. Maclean and L.B. Dizon y L.V. Hozillos (Eds.) *The First Asian Fisheries Forum*. Asian Fisheries Society, Manila, Philipines.
- Liao, I.C. and H.J. Huang. 1975. Studies on the respiration of economic prawn in Taiwan. I. Oxygen consumption and lethal dissolved oxygen of egg up to young prawn of Penaeus monodon Fabricius. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*. 4:33-50.
- Mair, J. McD. 1980. Salinity and water-type preferences of four especies of postlarval shrimp (penaeus) from west of Mexico., *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 45:69-92.
- Mantel, L.H. and L.L. Farmer. 1983. Osmotic and ionic regulation. pp. 54-151 In: L.H. Mantel (Ed.) *The Biology of Crustacea*. Vol. 5. Academic Press. New York.
- Prosser, A.C. 1968. *Comparative animal physiology*. Ed. W.B. Saunders Phyladelphia, U.S.A. 550 pp.
- Precht, H.J. Christophersen, and H. Hensel. 1955. *Temperatur und Leben*. Springer-Verlag. Berlin. 514 pp.
- Rao, K.P. 1958. Oxygen consumption as a function of size and salinity in Metapenaeus monoceros Fabricius. from marine and brackish water environments. *Journal of Experimental Biology* 35:307-313.
- Rodríguez, G.A. 1981. Osmoregulation and total serum protein of two species of penaeidean shrimps from the Pacific coast of México. *J. Crust. Biol.* 1(3): pp. 392-400.

Rosas C., Sánchez, A., Soto, L., Escobar, L., 1992. Oxygen consumption and metabolic amplitud of decapod crustaceans from the Northwest continental shelf of the Gulf of Mexico. Comp. Biochem. Physiol. 101A: pp. 491-496.

Sánchez R.J. (1993) Influencia ejercida por dos alimentos en el contenido energético de organismos prealimentados de Penaeus vannamei al ser sometidos a períodos de inanición. Tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada Baja California. México.

Scelso, M.A. y O. Zuñiga .1987. Consumo de oxígeno en el camarón Penaeus brasilliensis Latreille (Decapoda Penaeidae) En relación a salinidad y temperatura. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Tomo XLVII : 201-21

Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. (1973) Statistical methods. Sixth edition. Iowa State University Press. Iowa U.S.A. pp. 432-436.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. Mc-Graw-Hill Inc. New York, New York.

Sumich, J.L. 1981. Biology of marine life. Ed. W.C. Brown, USA. 359 PP.

Vernberg F.J. (1983) Respiratory adaptations in The Biology of Crustacea (Edited by Vernberg F.J. and Vernberg W.B.), Vol. 8 Environmental adaptations, pp. 1-42 Academic Press, New York.

Villarreal, H., J. Naranjo, P. Hinojosa. 1992. Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced Penaeus vannamei postlarvae. pp. 225 In: Aquaculture '92 Growing Toward The 21st. Century. (Ed) Aquaculture, 1992. Orlando Florida, USA.

Williams, A.B. 1960. The influence of temperature on osmotic regulation in two species of stuarine shrimps (*Penaeus*). Biol. Bull. 119: 560-571.

Yagi, H., Ceccaldi, H.J. and Gaudy R., 1990. Combined influence of the larvae of pink shrimp, *Palaemon serratus* (pennant) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Aquaculture. 86:77 - 92.

A P E N D I C E

TABLA I

ANOVA de la regresión múltiple del efecto de la temperatura de (21 a 32 °C), previo acondicionamiento a varias salinidades sobre la QO_2 de Penaeus vannamei en condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
regresión	8.50	2	4.25	9.30	0.000
error	29.28	64	0.46		
total	37.79	66			

TABLA II

ANOVA de la regresión múltiple del efecto de la temperatura de (23 a 12 °C), previo acondicionamiento a varias salinidades sobre el metabolismo de Penaeus vannamei en condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F	Significancia
regresión	10.28	4	5.14	3.27	0.04
error	75.37	48	1.57		
total	85.65	50			

TABLA III

ANOVA de dos vías del efecto de la Temperatura (de 21 °C a 32 °C) sobre la QO_2 de Penaeus vannamei, previamente acondicionados a diferentes salinidades en condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
constante	28.60	7	4.08	6.44	0.01
salinidad	16.95	4	4.23	6.37	0.01
temperatura	7.88	3	2.62	3.95	0.01
salinidad por temperatura	26.25	11	2.38	3.58	0.01
residuo	31.93	48	.66		
correlaciones	86.79	66			

TABLA IV

ANOVA de dos vías del efecto de la Temperatura (de 23 a 12 °C) sobre la QO_2 de Penaeus vannamei previamente acondicionados a diferentes salinidades en condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
constante	38.18	6	6.63	6.36	0.01
salinidad	13.21	4	3.30	3.30	0.01
temperatura	24.97	2	12.48	12.48	0.01
salinidad por temperatura	40.10	8	5.01	5.01	0.01
residuo	14.76	8	.41		
correlaciones	93.06	36			

TABLA V

Valores de Q_{10} calculados a partir de la regresión múltiple de la QO_2 de Penaeus vannamei. Aumento de temperatura de 21 a 32 °C.

Acondicionamiento osmótico	Temperatura experimental	Q_{10} (C/4 °C)	Q_{10} (21 a 32 °C)
10 ppm	21		
	24	1.107	
	28	1.104	
	32	1.099	1.103
20 ppm	21		
	24	1.131	
	28	1.126	
	32	1.120	1.125
28 ppm	21		
	24	1.160	
	28	1.152	
	32	1.143	1.151
32 ppm	21		
	24	1.179	
	28	1.169	
	32	1.158	1.168
42 ppm	21		
	24	1.258	
	28	1.236	
	32	1.216	1.235

TABLA VI

Valores de Q_{10} calculados a partir de la regresión múltiple de la QO_2 de Penaeus vannamei. Descenso de temperatura de 23 a 12 °C.

Acondicionamiento osmótico	Temperatura experimental	Q_{10} (c/4 °C)	Q_{10} (23 a 12 °C)
10 ppm	23		
	16	1.873	
	12	2.577	2.103
20 ppm	23		
	16	1.978	
	12	2.935	2.283
28 ppm	23		
	16	2.083	
	12	3.353	2.476
32 ppm	23		
	16	2.143	
	12	3.633	2.597
42 ppm	23		
	16	2.288	
	12	4.429	2.909

TABLA VII

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 1.20 a 1.72 gr (peso seco) colocados en salinidad de 10 ppm durante 35 h. Condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	5.30	10	0.53	4.15	0.01
dentro grupos	1.27	10	0.12		
correlaciones	6.58	20			

TABLA VIII

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 1.20 a 1.72 gr (peso seco) colocados en salinidad de 20 ppm durante 35 h. Condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	10.53	10	1.05	15.04	0.0001
dentro grupos	0.70	10	0.07		
correlaciones	11.23	20			

TABLA IX

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 1.20 a 1.72 g (peso seco) colocados en salinidad de 28 ppm durante 38 h en condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	4.37	11	0.39	2.16	0.10
dentro grupos	2.02	11	0.18		
correlaciones	6.39	22			

TABLA X

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 1.20 a 1.72 gr (peso seco) colocados en salinidad de 32 ppm durante 38 h en condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	2.63	12	0.21	1.93	0.13
dentro grupos	1.36	12	0.11		
correlaciones	3.99	24			

TABLA XI

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 1.20 a 1.72 g (peso seco) colocados en salinidad de 42 ppm durante 38 h. Condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	1.26	12	0.10	4.09	0.01
dentro grupos	0.30	12	0.02		
correlaciones	1.57	24			

TABLA XII

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 0.75 a 0.85 g (peso seco) pequeño colocados en salinidad de 10 ppm durante 35 h. Condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	11.61	10	1.61	1.86	0.15
dentro grupos	6.83	11	0.62		
correlaciones	18.44	21			

TABLA XIII

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 0.75 a 0.85 gr (peso seco) colocados en salinidad de 20 ppm durante 35 h. Condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	89.29	10	8.92	4.64	0.009
dentro grupos	21.13	11	1.92		
correlaciones	110.42	21			

TABLA XIV

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 0.75 a 0.85 gr (peso seco) colocados en salinidad de 28 ppm durante 38 h. Condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	4.65	11	0.42	.443	0.90
dentro grupos	11.46	12	0.95		
correlaciones	6.12	23			

TABLA XV

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 0.75 a 0.85 gr (peso seco) colocados en salinidad de 32 ppm durante 42 horas en condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	6.43	12	0.53	2.95	0.03
dentro grupos	2.36	13	0.18		
correlaciones	8.80	25			

TABLA XVI

ANOVA de una vía del efecto del tiempo sobre la QO_2 de Penaeus vannamei de 0.75 a 0.85 gr (peso seco) colocados en salinidad de 42 ppm durante 42 horas en condiciones de laboratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	cuadrado medio	F	Significancia
entre grupos	1.03	12	0.08	.544	0.01
dentro grupos	2.06	13	0.15		
correlaciones	3.10	25			