



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**“PREFERÉNDUM TÉRMICO Y HALINO EN JUVENILES DE
Panulirus interruptus EMPLEANDO UN MÉTODO DE
GRADIENTES Y LA DESCRIPCIÓN DEL
COMPORTAMIENTO TERMORREGULADOR Y
OSMOCONFORMADOR”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

MIRIAM LOPEZ ZENTENO

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, AGOSTO DEL 2002.

RESUMEN

Teniendo en cuenta que *Panulirus interruptus*, es una especie potencialmente cultivable se determinó la preferencia salina y térmica de esta langosta roja, mediante el uso de gradientes gravitacionales horizontales, con un fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. En experimentos agudos, se describió la conducta por el incremento de temperatura en un gradiente salino. Utilizando la temperatura y salinidad preferidas, se determinó la respuesta metabólica, midiendo la concentración de oxígeno durante un ciclo de 24 horas, para lo cual se utilizó un respirometro dinámico.

La salinidad preferida de *P. interruptus* en su estadio juvenil fue de 35 ‰, sin tener diferencias significativas ($p > 0.05$) entre el periodo diurno y nocturno, sin embargo se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.001$) entre horas de muestreo. Por otro lado la temperatura preferida, si tuvo diferencias significativas entre el periodo de luz y oscuridad ($p < 0.05$), para las 12 horas luz, la temperatura preferida fue de 13.35 ° C y 15.5 ° C para la oscuridad. No hubo diferencia significativa entre las horas de muestreo ($p > 0.057$). Ambos *preferendums* fueron graficados durante un transcurso de 24 horas. Los resultados de conducta por el incremento de temperatura en un gradiente salino de la langosta roja, indicaron que realizaron incursiones hasta salinidades de 29 ‰ a temperaturas de 25 ° C durante el transcurso de una hora. La respuesta metabólica medida por el consumo de oxígeno, mostró diferencias significativas ($p \leq 0.001$) entre día y noche, al igual que entre las horas de muestreo ($p \leq 0.001$). La respuesta metabólica de juveniles de *P. interruptus*, se graficó en un período de 24 horas, la cual tuvo una expresión bimodal. La primera entre 10:00 am y 12:00 m con un máximo a las 11:00 de 37.0 mg O₂ Kg bh⁻¹hr y la segunda entre las 2:00 y 3:00 am de 43.0 a 44.0 mg O₂ Kg bh⁻¹hr, con un valor medio para la luz de 22.48 mg O₂ Kg bh⁻¹h. y 22.60 mg O₂ Kg bh⁻¹hr⁻¹, para la oscuridad.

DEDICATORIAS

A mi supermegadiperultraplus familia, por ser la base de todo mi esfuerzo y por que no pude haber tenido mejor suerte que el haber pertenecido a ellos. Espero que sepan lo mucho que los amo.

A mi mama, por ser la mejor mama del mundo, gracias por que siempre has estado juntito a mi, escuchándome, haciéndome fuerte, por que cuando pensé que no podía tu lograbas hacerme invencible, tu sabes que lo mas difícil fue el haber estado separadas. Te amo

A mi papa, por todo tu cariño, por la confianza y el apoyo que me has brindado, nunca hubiese dudado en escogerte como papa.

A mis sobrinos: Ana, David, Sara y al que viene en camino, ellos son la mejor parte de mi vida.

A mis hermanos Ita, Toño y David, por todo su amor, por permitirme ser su consentida (espero que asi siga siendo), por dejarme compartir a mis sobrinos, por lo chido que es estar unidos, y por todo lo que aun nos hace falta por compartir. Ustedes son los mejores hermanos que pude haber tenido.

A ellos, gracias, por que juntos pudimos compartir este sueño.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Eugenio Díaz Iglesias, gracias por la paciencia, que se que fue lo mas difícil, por el tiempo dedicado, por que me enseñaste muchísimas cosas en mi formación académica, por convivir y no ser solo mi director si no también un buen amigo.

A mi sinodal Dr. Fernando Díaz Herrera, por ayudar en la interpretación de resultados de termorregulación, por facilitar la instalación del gradiente y del respirómetro, por la revisión de este manuscrito, pero sobre todo por aceptar este trabajo tan apresuradamente.

Al M.C. Antonio Silva Loera por las aportaciones a esta tesis, ya que siempre fueron de gran importancia

Al Dr. Fernando Bückle por poner a nuestra disposición el equipo necesario, para que todo saliera de la mejor manera.

Al departamento de Acuicultura – Biotecnología Marina, del CICESE, por la beca otorgada.

A Productores Nacionales de Abulón, por las langostas, sin ellas, nada de esto hubiese sido posible.

A mis compañeros de laboratorio Ana Karina y Gustavo Valdez, gracias por que siempre fue más ameno haber estado con ustedes.

Gracias!

Agradecimientos (2da parte) ...

Giovanni, amor, gracias por haberme dado la oportunidad de poder estar junto a ti, por tu confianza, por tu paciencia, por la fortaleza que me da el estar contigo, y por todo lo que hemos aprendido juntos.

A mis amigas, que ellas me han enseñado el significado de una verdadera amistad, a aceptarnos tal y como somos, sin ningún pero, a valorarnos y a querernos mucho:

Gloria Padilla, (tu sabes lo importante que eres para mi, y lo muchísimo que te quiero, estoy segura que siempre estaremos juntas, sea cual sea el camino que elijamos). Edith S., (por todo el tiempo que compartimos juntas en la universidad, gracias por tu infinita paciencia, y por que no te imaginas todo lo que aprendí de ti). Socorro M., (soquito, me parece increíble que en tan poco tiempo hayamos llegado a ser las amigas que ahora somos, te quiero mucho). Miriam M. (amiga, gracias por abrirme tu corazón desde siempre), Laura, Raquel y Maribel B. (por todos los sueños que compartimos juntas) Israel P., (por las horas y horas de platicas) Ruth C., (por haber compartido conmigo la etapa mas difícil de la carrera), Ricardo (siempre me has hecho sentir súper especial).

Gracias por que me siento súper afortunada de poder contar con ustedes, además por que se que siempre estaremos juntas o juntos, en donde sea que estemos.

A mis compañeros de generación SHARKOLOGOS, fue chidisimo estar con ustedes, Daniel L., Edgar E., Angel C., Julio F., Diego P., Piquitos, Giacomo P., Dora, Enrique N., Rosalva N. ah!, y a los que un día fueron mis compañeros de generación ORCAS, Leonel S., Sthepen M., Alex P., Gabo, Diego C., Grisel T.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.1 Determinación de salinidad preferida.....	12
2.2 Determinación de temperatura preferida.....	13
2.3 Experimento conductual de incremento de temperatura en el gradiente salino.....	15
2.4 Respuesta metabólica.....	16
2.5 Análisis estadístico:.....	19
3. RESULTADOS	20
3.1 Preferencia salina	20
3.2 Preferencia térmica.....	24
3.3 Resultados de conducta por incremento de temperatura en el gradiente salino.	27
3.4 Respuesta metabólica	30
4. DISCUSION.....	33
4.1 Preferencia salina	33
4.2 Preferencia térmica	35
4.3 Conducta por incremento de temperatura en el gradiente salino.....	37
4.4 Respuesta metabólica.....	39
5. CONCLUSIONES	41
6. RECOMENDACIONES.....	42
7. REFERENCIAS	43

Lista de Figuras

Fig. 1.- Ciclo de vida de <i>Panulirus interruptus</i>	2
Fig. 2.- Distribución de <i>Panulirus interruptus</i>	4
Fig 3.- Gradiente horizontal, para la determinación de la preferencia salina.....	13
Fig.4.- Gradiente horizontal, utilizado para la preferencia térmica.	15
Fig. 5.- Jaula metabólica acuática, diseñada por Díaz, 1996.	17
Fig. 6.- Sistema de recirculación para la respuesta metabólica.	18
Fig.7 Preferencia salina de <i>Panulirus interruptus</i> considerando un ciclo de 24 horas.	23
Fig. 8.- Preferencia térmica de <i>Panulirus interruptus</i>	26
Fig. 9. Comportamiento de <i>Panulirus interruptus</i> , ante diferentes salinidades y temperaturas	29
Fig. 10.- Ritmo respiratorio de <i>Panulirus interruptus</i>	32

Lista de Tablas

Tabla 1.- Promedios de longitud de cefalotórax (L.C.) y biomasa húmeda.	12
Tabla. 2- Estadística descriptiva de la preferencia salina, térmica y de la respuesta metabólica... ..	20
Tabla 3.- Análisis de varianzas de una vía para la preferencia salina, de la langosta roja.....	21
Tabla 4.- Comparación de rangos múltiples, entre horas de muestreo para la salinidad (partes por mil)	22
Tabla 5.- Análisis de varianzas de una vía para la preferencia térmica, de la langosta roja.....	24
Tabla 6.- Estadística descriptiva de temperatura y salinidad.. ..	27
Tabla 7.- Análisis de varianza, según el método Kruskal-Wallis para VO_2	30
Tabla 8.- Análisis de varianza para las horas de muestreo del consumo de oxígeno, (VO_2).....	31
Tabla 9.- Comparación de rangos multiples, según el método Tukey para el consumo de oxígeno, (VO_2).	31

1. INTRODUCCIÓN

La langosta roja del Pacífico es una especie que pertenece a la familia Palinuridae, la cual presenta cinco fases principales durante su ciclo de vida: huevos, filosomas (estadio larval), puerulus (estadio postlarval), juveniles y adultos. La fase larval es planctónica, pasando por 11 estadios de crecimiento y desarrollo llamadas larvas filosomas, (derivado del griego *phyllos*, hoja y *soma*, cuerpo), las que son aplastadas dorsoventralmente, transparentes y con el cuerpo en forma de hoja, adaptadas al transporte horizontal pasivo de las corrientes, pero con una activa migración vertical (Lipcius y Eggleston, 2000). El siguiente cambio en su morfología es el estadio postlarval denominado *puerulus*, donde inicia su vida bentónica. La fase juvenil temprana ocurre cuando las postlarvas adquieren coloración café-rojizo, estos habitan en pastos marinos y en zonas rocosas (Lipcius y Eggleston, 2000), durante el transcurso de esta parte de su vida, presentan patrones gregarios, viviendo en pequeñas oquedades; mientras que los adultos son territoriales y habitan en refugios de zonas rocosas o de arrecife, (figura 1).

El tipo de alimento de estos organismos en el medio natural es a base de moluscos gasterópodos, como grupo preferencial, pero también se alimentan de peces y crustáceos decápodos (Díaz y Guzmán *et al*, 1995).

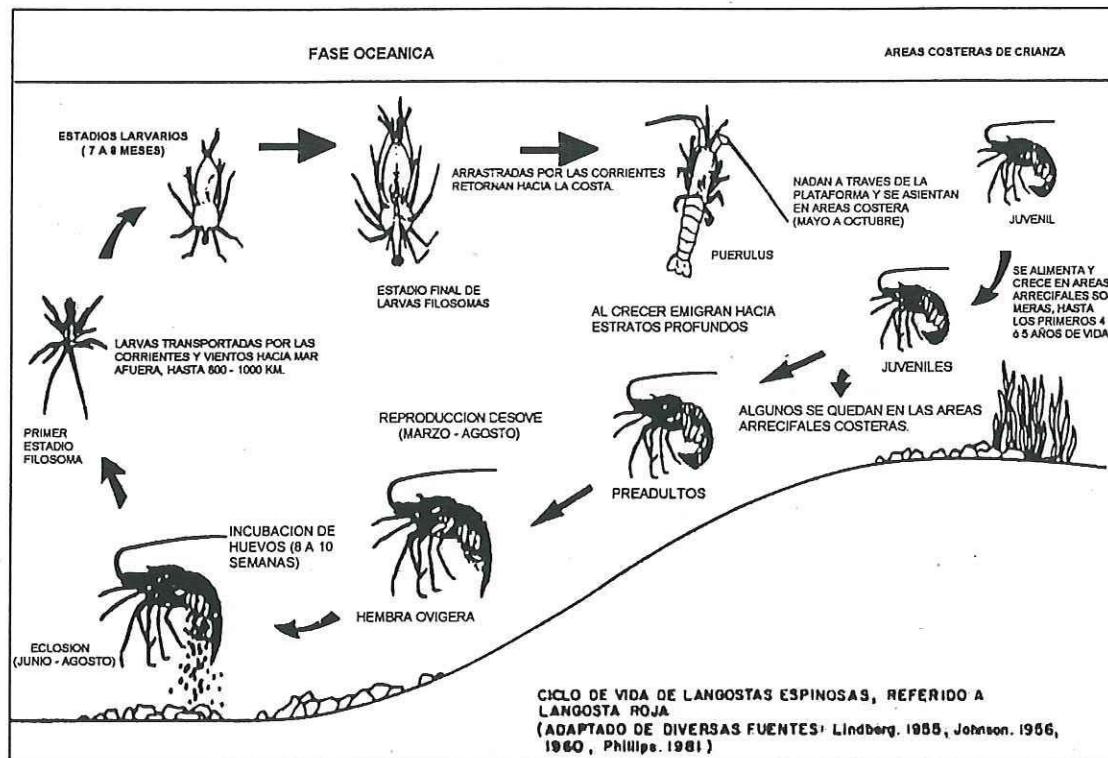


Fig. 1.- Ciclo de vida de *Panulirus interruptus*, (tomado de Ayala y Chávez, 1985), desde su fase larvaria hasta la eclosión de los huevos. En este esquema se indican los habitats en donde se desarrolla cada estadio de ciclo de vida.

La langosta es un recurso importante para México, ya que ocupa los primeros lugares de explotación pesquera entre los crustáceos, (Díaz y Guzmán, 1995). La producción nacional de este crustáceo está compuesta por cinco especies que se encuentran en aguas tropicales y subtropicales, cuatro de ellas en las costas del Pacífico (*Panulirus interruptus*, *P. gracilis*, *P. inflatus* y *P. penicillatus*) y una en el caribe mexicano (*P. argus*) (Díaz y Guzmán, *op. cit.*).

De estas especies se destaca, como la más importante la langosta roja, cuya distribución abarca la parte noroeste de México, donde se encuentra el

mayor número de pescadores dedicados a su explotación (Díaz y Guzmán, *op. cit*), además que cuenta con infraestructura para su transportación, industrialización y comercialización, (Chapa, 1964).

De 1985 a 1997, el total de captura de la langosta espinosa fluctuó alrededor de 2,328 toneladas métricas (TM), de los cuales el 50%, fue exportada a EE.UU. (Briones y Lozano, 2000).

Durante el periodo de 1985-1997, *P. interruptus* y *P. argus* constituyeron un promedio del 91% total de la captura de langosta espinosa en México, mientras que *P. inflatus* y *P. gracilis* representaron el resto de la producción, (Briones y Lozano, *op. cit*). Existen otras tres especies, las cuales no son comercialmente importantes *P. penicillatus*, *P. guttatus* y *P. laevicauda* (Briones y Lozano, *op. cit*).

Panulirus interruptus es la especie de langosta de mayor importancia a nivel nacional y es por ello que la langosta roja constituye un recurso pesquero importante, potencialmente cultivable para la península de Baja California.

La distribución geográfica de la especie *Panulirus interruptus*, inicia desde San Luis Obispo, California EE.UU. hasta las proximidades de Todos Santos, B.C.S. en México, (Ayala y Chávez, 1985), (Figura, 2).

La segunda especie en importancia en el Pacífico mexicano es *P. inflatus*, que se pesca desde San Juanico, B.C.S. y del Golfo de California hasta Oaxaca. La especie *P. gracilis* se distribuye desde el sur de San Juanico; habitando en el Golfo de California y es más abundante en los estados de

Sinaloa, a Guerrero, y Chiapas. La cuarta especie de palinúrido del Pacífico mexicano es *P. penicillatus* que se ubica de las Islas Revillagigedo hasta las Islas Marías, (Ayala y Chávez, 1985).

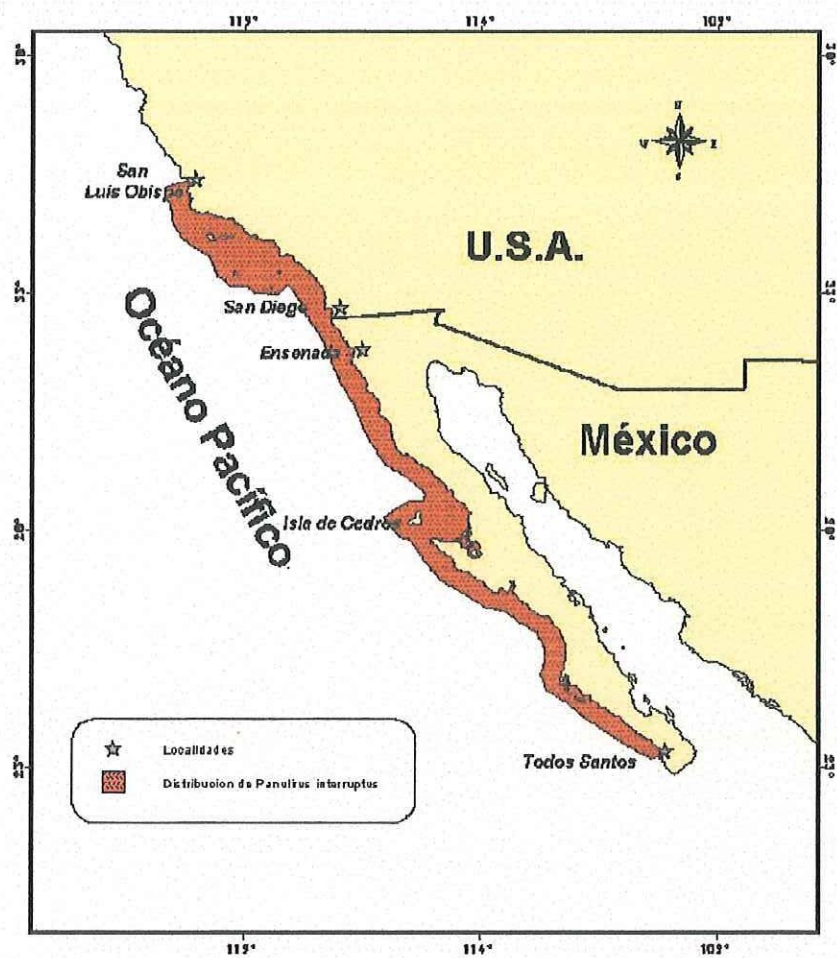


Fig. 2.- Distribución de *Panulirus interruptus*.

En la fisiología de los organismos acuáticos, la salinidad desempeña un papel importante, por que determina su distribución y sobrevivencia. La manera en que estos organismos responden a estas variaciones es adaptándose al

ambiente, desarrollando mecanismos de osmorregulación que les permite regular su medio interno; éste proceso se realiza en el tejido branquial y el tracto digestivo principalmente (Prosser y Brown, 1961), y en particular en los decápodos el metanefridio u órgano verde, juega un papel no menos importante. (Díaz, 1988; Cobb y Phillips, 1980).

Los miembros de la familia Palinuridae son esencialmente osmoconformadores, es decir la concentración de sus fluidos corporales compuestos por iones de sodio y cloruros cambian de acuerdo con la variación de la concentración del medio, (Cobb y Phillips, 1980).

Diversos autores, demuestran que la salinidad es un factor ambiental que puede modificar numerosas respuestas funcionales, tales como la tasa metabólica el crecimiento y la reproducción, para lo cual se desencadenan en los organismos acuáticos mecanismos de regulación, (Aguilar, 1995).

Muchas investigaciones han sugerido que el trabajo osmótico de un crustáceo podría ser mínimo cuando el medio externo y los fluidos corporales del organismo están en equilibrio, especulando que bajo estas condiciones isosmóticas los requerimientos de oxígeno podrían ser bajos, (Panikkar, 1969).

En los organismos los requerimientos energéticos para el mantenimiento y actividades de rutina son los primeros que deben ser cubiertos antes de tener energía disponible para el crecimiento. Entre los factores que modifican estos requerimientos de energía se encuentra la temperatura, salinidad, calidad de agua y el estrés (Díaz, *et al.*, 1989; Díaz y Bückle, 1993).

Charmantier, *et al.*, (2001) estudiaron la habilidad osmorreguladora durante el ciclo de vida de *Homarus sp.* y la capacidad de osmorregular a bajas salinidades.

Por otra parte uno de los factores ambientales más importantes en relación a la biología y ecología de los animales acuáticos, es la temperatura, ya que influye en el comportamiento de los organismos, principalmente sobre los no sésiles, quienes reaccionan inmediatamente a las variaciones térmicas ambientales, evitando las temperaturas letales hasta encontrar las óptimas (Díaz y Bückle, 1993).

La continuidad de muchos procesos fisiológicos requiere de una zona térmica óptima, donde las funciones de los organismos no cambien substancialmente. Esto es el óptimo requerido para algunos procesos biológicos como el metabolismo, reproducción y crecimiento (Reynolds y Casterlin, 1979).

La temperatura preferencial se expresa en dos diferentes términos (1) el *preferendum* final que está influenciada por una previa aclimatación y (2) la preferencia termal, que es el intervalo de temperatura en donde se congregan los organismos y/o donde pasan mayor tiempo, (Reynolds y Casterlin, *op. cit.*).

Fry (1947) señala que la temperatura preferida es donde la mayoría de los organismos se congregan independientemente de su historial térmico anterior. El autor también la refiere como "aquella donde la temperatura preferida es igual a la de aclimatación".

La termorregulación en los homeotermos implica la selección activa de temperatura entre un intervalo de valores y así la regulación del cuerpo establece la temperatura preferida, (Taylor, 1983).

Muchos estudios, demuestran que la preferencia de temperatura en cada especie es específica, y que de ella depende la congregación de los organismos, (Hernández, 1998; Amador, 2001; Díaz, *et al.*, 1998).

Las respuestas de preferencia y evitación térmica son aspectos inseparables del comportamiento termorregulador de los organismos que en condiciones naturales pueden ser alteradas por factores ambientales como la hora del día, factores antropogénicos y factores internos como la especie, la edad y el tamaño (Giattina y Garton, 1982).

La temperatura puede actuar como factor letal, controlador, limitante, enmascarador y directriz. Los factores letales, en general, restringen el intervalo ambiental en el cual puede vivir el organismo y destruyen su integridad fisiológica. Los factores controladores gobiernan la tasa metabólica dentro de un cierto intervalo; los limitantes también influyen dicha tasa reduciendo sus niveles máximos. Los factores directrices estimulan algún tipo de respuesta y los enmascaradores modifican el resultado del efecto de otros factores, (Fry, 1971).

El efecto letal de la temperatura es independiente de la tasa metabólica y es limitante cuando influye dicha tasa provocando la muerte del organismo. También puede ser un factor controlador cuando influye en la activación

molecular de los componentes de la cadena metabólica (necesaria en la liberación de la energía requerida en las reacciones químicas); como factor directriz puede influir en las respuestas del animal cuando se relaciona con gradientes de temperatura ambiental (Fry, 1947).

Las respuestas adaptativas que permiten la actividad normal de un organismo en un cierto intervalo térmico sólo ocurren dentro de los límites impuestos por el genotipo aunque no son rígidos (Cossins y Bowler, 1987). Dentro de estos límites los animales son capaces de aclimatarse (en el laboratorio) o de aclimatizarse (en la naturaleza) mediante mecanismos de compensación térmica, (Hutchison y Manes, 1979).

Cuando los cambios de los factores ambientales sobrepasan los mecanismos de compensación, la regulación interna de un organismo se deteriora y sobreviene la muerte (Hoar, 1966).

La temperatura preferida o *preferendum* térmico se puede conocer en condiciones de laboratorio dejando a los animales en un gradiente de temperatura, donde el tiempo requerido debe ser con un mínimo de 24 horas, (Reynolds y Casterlin, 1979).

Los trabajos registrados de la especie *Panulirus interruptus*, con respecto a los óptimos térmicos, son escasos; ya que por lo general se refieren a temperaturas críticas como es el caso de Romero, (1996), donde señala la utilización del consumo de oxígeno como estimador de los límites letales térmicos.

Otro estudio es el de Ortiz (1996), en el que se establece las adaptaciones fisiológicas de *Panulirus interruptus*, para sobrevivir fuera del agua, con relación al tiempo. Como indicador fisiológico utilizó la variación de la tasa metabólica. Al someter a *P. interruptus* a cambios de temperatura, el autor obtuvo un efecto directo sobre su metabolismo. El cambio metabólico al variar la temperatura (17 a 5 °C), se dividió en tres zonas, una subcompensación (11 a 17 °C), otra sobrecompensación (9 a 10 °C) y una compensación (5 a 13 °C).

Entre otras investigaciones, Serrano, (2001) trabajó con larvas filosomas de *P. interruptus*, con respuestas fisiológicas ante variaciones de temperatura y salinidad, determinando la temperatura crítica máxima (TCMáx) de 31 °C y temperatura crítica mínima (TCMín) de 12 °C, y preferencia termal de 21 a 34 °C, así como la salinidad crítica mínima (SCMín) de 20 y 22 ‰ y salinidad crítica máxima (SCMáx) entre 50 y 52 ‰.

Las langostas del género *Homarus sp*, son una de las especies de langosta mas estudiadas; las investigaciones que se han realizado con relación al comportamiento termorregulador se encuentran los trabajos de Jury y Watson, (2000), en el cual realizan estudios de análisis cardíacos, demostrando que la langosta americana *H. americanus* es capaz de detectar un mínimo incremento o decremento de la temperatura, respondiendo con movimientos cardíacos.

Crossin, *et al.*, (1998) realizaron experimentos en gradientes térmicos circulares, para caracterizar la respuesta termorreguladora, encontrando que las

langostas evitan temperaturas por encima de los 25 °C, estableciendo una temperatura preferida de $16.5\text{ °C} \pm 0.4\text{ °C}$.

Por último otro aspecto muy importante en el estudio de la fisiología de un organismo es la tasa metabólica medida por el consumo de oxígeno, Penkoff y Thurberg (1982) reportan para *Homarus americanus* una tasa metabólica entre los estadios C (intermuda) y D (premuda) de 0.036 ml O₂/g/h entre 9 y 10°C de temperatura.

Díaz, *et al.*, en 1989 observaron que el consumo de oxígeno de *Peneus aztecus* tiene un ritmo circadiano, con las máximas tasas durante la noche y las mínimas durante el día.

Charmantier *et al.*, (2001), describe el trabajo de McLeese (1956), donde se estudió el efecto de la combinación de temperatura, salinidad y oxígeno; especificando que la salinidad letal en *Homarus americanus* es 6 ‰.

Para tener óptimos rendimientos en el cultivo de la langosta roja, es necesario cumplir con los requerimientos ecofisiológicos, para lo cual se deben estudiar los intervalos de temperaturas y salinidades adecuadas. Es por ello que en este trabajo se quiere determinar los intervalos preferidos de la especie y el consumo de oxígeno en función de estos parámetros.

Por todo lo anterior se considera que la temperatura y salinidad preferida en el laboratorio y el consumo de oxígeno concomitante de los juveniles de langosta roja *P. interruptus* deben poseer valores similares a los valores medios de estos factores para la región.

Para corroborar esta hipótesis se plantean los siguientes objetivos:

- Determinar el *preferendum* térmico y salino de juveniles de *Panulirus interruptus*, con el uso de métodos gravitacionales en gradientes horizontales.
- Conocer el efecto de la salinidad y temperatura preferidas en el metabolismo energético del organismo.
- Descripción de la respuesta conductual por aumento de la temperatura en un gradiente salino.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los juveniles de *Panulirus interruptus* fueron donados por la Cooperativa de Producción Pesquera "Productores Nacionales de Abulón", capturados en Isla Cedros. Los organismos se trasladaron por vía aérea en un período de 3 h, posteriormente, en estanques de 2,000 l, previamente preparados, los organismos se acondicionaron a una temperatura de 18°C, durante 30 días, con una aireación y flujo de agua de mar constante. La dieta que se mantuvo fue a base de pulpo (*Octopus* sp.), calamar (*Loligo* sp.) y mejillón (*Mytilus* sp.), *ad libitum*.

Una vez acondicionados a los organismos se midió el largo del cefalotórax con un vernier, la medición se hizo considerando la longitud del cefalotórax, midiendo la distancia entre la escotadura postorbital y el extremo

posterior del cefalotórax. (Tabla 1). Se pesó la biomasa húmeda de los organismos en g. Por último, se determinó el sexo de cada uno de ellos.

Tabla 1.- Promedios de longitud de cefalotórax (L.C.) y biomasa húmeda.

	n	L. C. (mm)	biomasa húmeda (g)
♀	20	60.22	221.95
♂	24	61.59	221.49

2.1 Determinación de salinidad preferida

Para la determinación de la salinidad óptima preferida, se utilizó un gradiente horizontal, (Fig. 3, Bückle, *et al.*, MS); similar al utilizado por Talamás, (2001), construido en un canal de acrílico de tres metros de longitud por 0.25 metros de ancho, éste consta de 15 cámaras virtuales en las cuales se estableció un intervalo de diferentes valores de salinidad, que fueron de 25-35 ‰. Las salinidades se eligieron, en base al hábitat en el que se capturaron las langostas. El gradiente salino se forma con la entrada de agua dulce por un extremo y agua salada por el otro, controlando los flujos de cada entrada y así obtener el intervalo deseado. La temperatura que se mantuvo en el gradiente fue la misma a la que se registro el estanque de acondicionamiento, (18 °C).

Con el fin de mantener un gradiente salino estable, se mantuvo aireación constante, evitando así la estratificación de la columna de agua.

El número de organismos por cada experimento, fue de cinco, esto atendiendo a las dimensiones de los organismos y el tamaño del túnel de nado en el gradiente. Se tomo el valor de la salinidad de cada cámara vertical cada hora, registrando la posición de la langosta, durante un periodo de 24 hrs, simulando el ciclo día-noche, con un fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad.

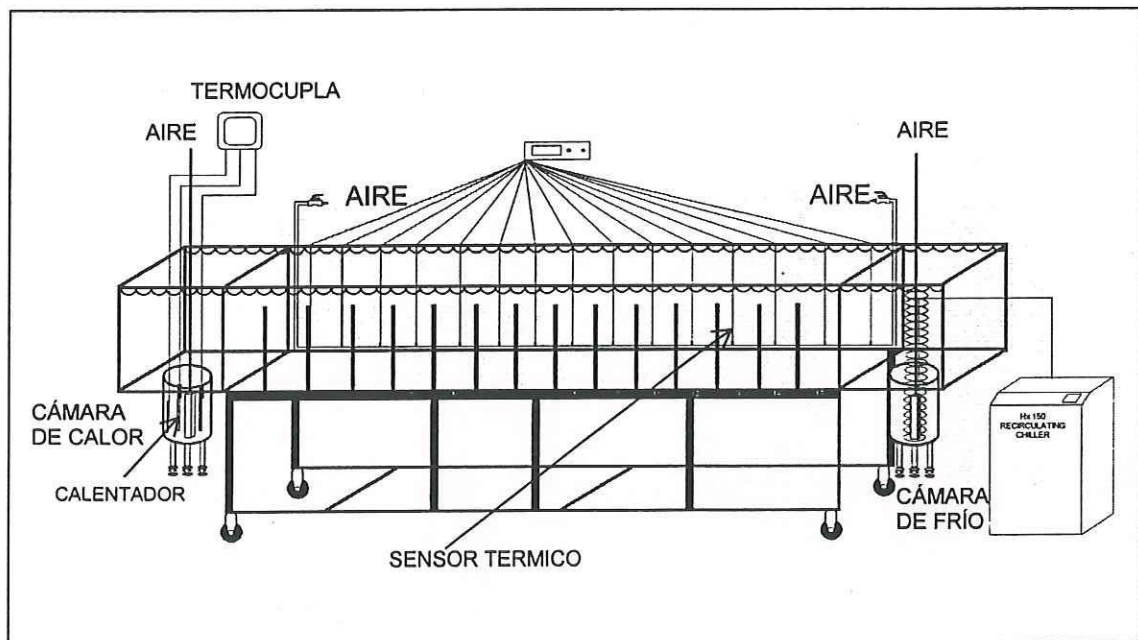


Fig. 3.- Infraestructura de gradiente salino horizontal, para la determinación de la preferencia salina.

2.2 Determinación de temperatura preferida

De la misma manera, para el experimento térmico, se utilizó un gradiente horizontal, el cual está construido por un tubo de PVC, con divisiones de 15

cámaras virtuales cada una con 0.20 m de longitud y 0.20 m de diámetro; y una longitud total de 3.10 m, como el descrito por Díaz *et al.*, (2000). El sistema de enfriamiento y calentamiento funciona con la conexión de un termorregulador Neslab (modelo HX 100) conectado al extremo del enfriador y un calentador de 1000 W que es colocado en el otro extremo, para mantener el gradiente térmico (Díaz, 1989), (Fig. 4.). El intervalo que se estableció a lo largo del gradiente fue de 9.0 °C a 26 °C.

Para evitar la estratificación de la columna se mantuvo una aireación constante, utilizando 15 difusores, uno para cada cámara. El nivel de oxígeno que se mantuvo fue de 6.00 a 10.00 mg/l. La salinidad durante el transcurso de los experimentos fue de 35 ‰.

Para el experimento térmico, también se considero un fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad, haciendo el registro de los datos cada hora, anotando la temperatura de donde se encontraban los organismos.

En este gradiente se utilizaron cuatro organismos marcados, ya que las dimensiones del túnel de nado son más pequeñas, comparándolo con el gradiente salino.

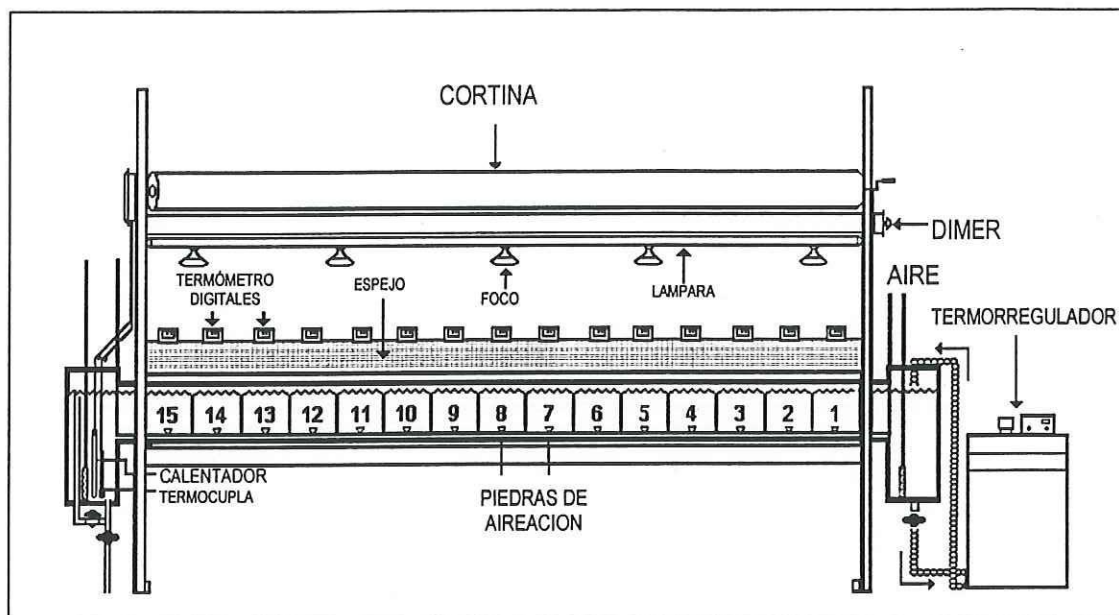


Fig.4.- Gradiente térmico horizontal, utilizado para la preferencia térmica.

2.3 Experimento conductual de incremento de temperatura en el gradiente salino

En la descripción de la conducta ante la elevación de la temperatura en el gradiente salino, se utilizó el gradiente salino horizontal (Fig.3) con salinidades de 20 a 35 ‰. Las cámaras que conforman dicho gradiente cuentan con un sensor térmico, los cuales registran la temperatura de cada cámara, y en este caso fueron registradas cada 10 minutos, durante el transcurso de todo el experimento.

Este fue un experimento agudo con una duración de tres horas, la primera se utilizaba para introducir a los organismos, en la cual permanecieron gravitando con el fin de atenuar el estrés por manipulación.

En la segunda hora, se incrementó la temperatura con dos calentadores cada uno de 1000 watts, regulados individualmente por una termocupla las cuales fueron programadas a 30 °C con una razón de cambio de 12 °C por hora. La temperatura se alcanzó en un periodo de una hora. Durante el transcurso de dicho tiempo se hicieron las anotaciones describiendo la conducta de los organismos.

Por último, al tener la temperatura de 30 °C la tercera hora fue utilizada para registrar la posición de los organismos cada diez minutos.

2.4 Respuesta metabólica

La respuesta metabólica, a temperaturas y salinidades preferidas, se basó en la medición del consumo de oxígeno en las langostas respecto a la biomasa húmeda, dicho consumo se expreso como: $VO_2/W = \text{mg O}_2 \text{ Kg bh}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$.

Se utilizó, una cámara respirométrica, diseñada por Díaz- Iglesias (1996), (comunicación personal), (Fig. 5), la cual se basa en la recirculación de agua en un sistema abierto. La concentración de oxígeno se midió con un oxímetro YSI (modelo 57).

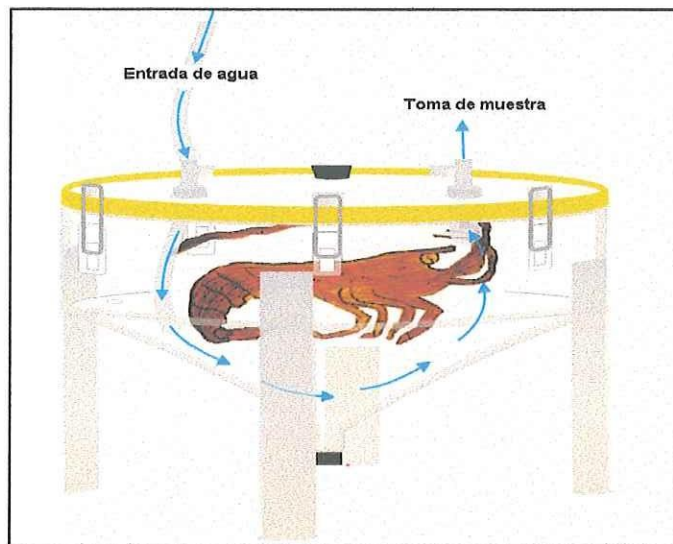


Fig. 5.- Jaula metabólica acuática, diseñada por Díaz, (1996).

Esta cámara cuenta con una entrada de agua, la cual esta regulada al débito deseado. Cuenta con una salida de agua, la cual permite tomar las mediciones de O_2 . Esta cámara tiene broches, que le permiten hacer un cierre hermético e impedir la salida de agua.

Se introdujeron once cámaras en una instalación respirométrica de sistema abierto, descrita por Díaz *et al.*, (1989) la cual consta de dos estanques rectangulares colocados en dos pisos, el primero contenía las cámaras y el segundo el almacenaje de la recirculación del agua, esta recirculación se lograba con una motobomba.

El sistema cuenta con llaves que permiten el control de la entrada de agua hacia cada una de las cámaras regulando así, el débito de entrada, que en este caso fue de 8 litros por hora (Figura 6).

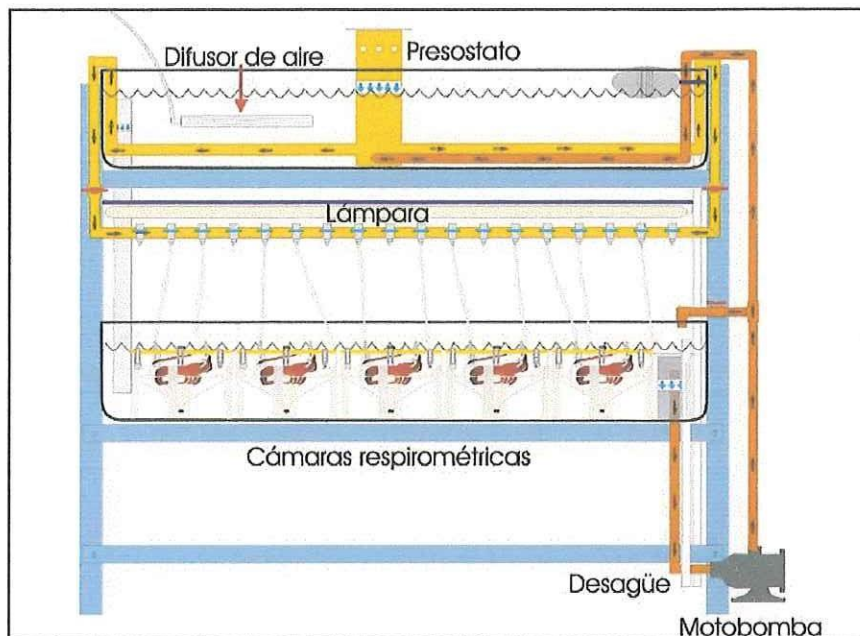


Fig. 6.- Sistema de recirculación para la respuesta metabólica.

La salinidad fue controlada a 35 ‰ y la temperatura fue regulada por un sistema de enfriamiento, logrando una temperatura de 16.6 °C.

El consumo de oxígeno fue registrado durante 24 horas simulando día y noche, haciendo mediciones cada hora.

El cálculo del consumo de oxígeno se efectúa según la fórmula planteada por Pora (tomado de Martínez y Díaz, 1975).

$$VO_2 = \frac{(n_1 - n_2) \times f \times 60}{W}$$

Donde:

VO_2 = oxígeno consumido por el animal en $mg\ O_2\ Kg\ bh^{-1}hr^{-1}$

n_1 = oxígeno disuelto en el agua que entra en mg/l

n_2 = oxígeno disuelto en el agua que sale en mg/l

f = flujo del agua en l/min

W = peso del animal en kg de biomasa húmeda

Se aplicó el coeficiente de Winberg, (1956), para expresar la tasa metabólica de los organismos a la temperatura preferida para horas luz y oscuridad, mediante la sustitución de las variables en la siguiente ecuación:

$$K_{tf} = K_{ti} \times \frac{Q_{ti}}{Q_{tr}}$$

Donde:

K_{tf} = VO_2 a la temperatura preferida,

K_{ti} = VO_2 a la temperatura inicial,

Q_{ti} = Factor q de Winberg a la temperatura inicial,

Q_{tr} = Factor q de Winberg a la temperatura final.

2.5 Análisis estadístico:

Los cálculos primarios y el análisis estadístico descriptivo se efectuaron con el programa Microsoft EXCEL XP, además se utilizó el paquete estadístico STATISTICA 6.0 y SIGMA STAT 2.0 para realizar los análisis de varianza (ANDEVA).

Aquellos resultados que no cumplieron con las premisas de normalidad y homocedasticidad, fueron analizados con un método no paramétrico, empleándose el análisis de varianza de Kruskal-Wallis. Las pruebas de rangos múltiples utilizadas fueron las de Tukey en los resultados normales y homocedásticos y la de Dunn en la que se aplicó la estadística no paramétrica.

Se aplicó el criterio de Chauvenet para discriminar datos aberrantes cuya desviación excedió a 2σ . Por último, los datos de respuesta metabólica fueron

normalizados a la temperatura preferida utilizando el coeficiente de Winberg, (1956).

3. RESULTADOS

3.1 Preferencia salina

De un total de 696 datos se determinó la preferencia salina de la langosta roja *Panulirus interruptus*. Con estos datos se calculó la estadística descriptiva (Tabla 2), donde se indica, la media, valores máximos y mínimos así como la desviación estándar y el error estándar de los datos.

Tabla. 2- Estadística descriptiva de la preferencia salina, térmica y de la respuesta metabólica, (valores de salinidad en partes por mil, temperatura en grados centígrados y el consumo de oxígeno en $\text{mg O}_2 \text{ Kg bh}^{-1}\text{hr}^{-1}$).

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Error estándar
Preferencia Salina	696	28	37	34.8	1.176	0.044
Preferencia térmica	480	10.50	27.20	15.20	3.547	0.161
Consumo de oxígeno	152	9.070	59.93	27.25	12.727	1.032

No se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) entre preferendum diurno y nocturno. En este caso se aplicó el ANDEVA de Kruskal – Wallis por no

cumplir los datos las premisas de normalidad y homocedasticidad, (Tabla 3). De la misma forma, se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias entre las horas de muestreo, encontrando diferencias significativas ($p \leq 0.001$) (Tabla 3).

Tabla 3.- Análisis de varianzas de una vía para la preferencia salina, de la langosta roja, (los valores de salinidad se encuentran en partes por mil).

Variable	Mediana	gl	H	P
Diurno	35.0	1	0.334	0.563 ns
Nocturno	35.0			
Entre horas		23	112.206	$p \leq 0.001^{***}$

ns = No significativo

*** = Altamente significativo

gl = Grados de libertad

Con el método Dunn, se realizó un análisis de rangos múltiples, donde se determinó que existen 2 grupos de datos, (Tabla 4);

Tabla 4.- Resultados de la comparación de rangos múltiples, con la prueba Dunn, entre horas de muestreo en los experimentos de preferencia salina, (los valores de salinidad se encuentran en partes por mil).

HORAS	Q
12:00 b	5.555
13:00 b	3.993
14:00 b	3.48
15:00 b	4.752
17:00 b	4.681
18:00 b	3.583
22:00 b	3.714
23:00 b	3.993
2:00 b	3.819
3:00 b	3.329
Resto a	$q < 3.329$

La preferencia salina, fue graficada durante un ciclo de 24 horas (Figura 7), tomando en cuenta un fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad.

En la Figura 7, se denota una estabilidad del comportamiento salino durante 5 horas (6:00 am a 11:00 am), para posteriormente aumentar el intervalo de salinidad, el cual comienza a las 12:00 m y termina a las 22:00 pm. Después de esta última hora (22:00 pm) los organismos tienen una mayor variabilidad de selecciones, aunque la gráfica nos indica que estos organismos tuvieron la mayor incidencia en salinidades de 35 ‰, incursionando poco en salinidades por debajo de este valor.

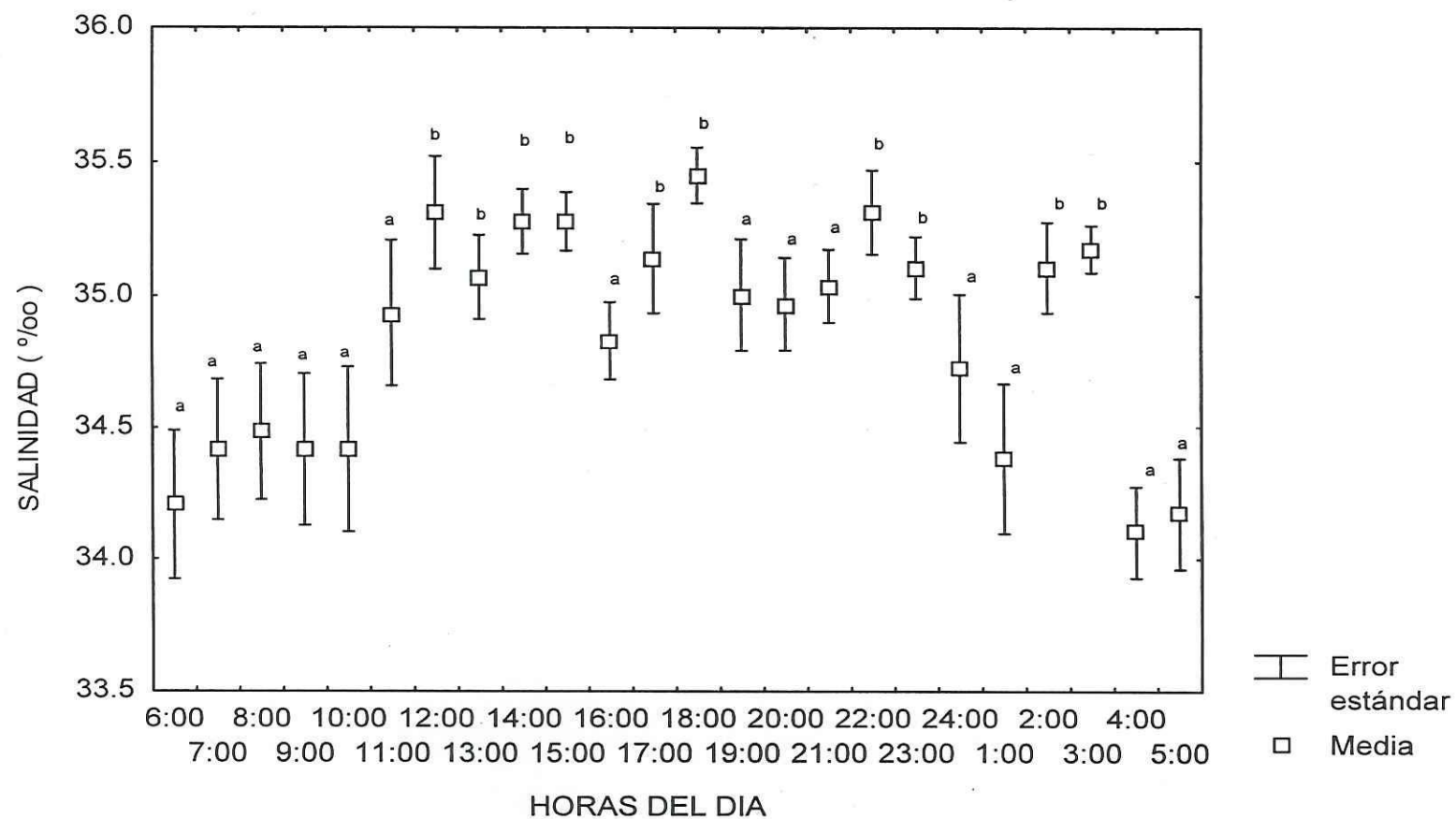


Fig. 7.- Preferencia salina de *Panulirus interruptus* en un ciclo de 24 horas, considerando un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. El fotoperiodo luz comienza a las 6:00 am y termina 17:00 pm y de 18:00 pm a 5:00 am, es el periodo oscuridad.

3.2 Preferencia térmica

La estadística descriptiva del total de los datos, estableció los valores mínimos, máximos, la media, desviación estándar y error estándar de los resultados de la temperatura preferida, (Tabla 2.)

Con los datos de preferencia térmica, se determinó diferencia significativa entre la temperatura preferida por la langosta en horas luz y horas oscuridad ($p < 0.05$), estos valores se encuentran registrados en la Tabla 5, donde también se muestra que no existió diferencia ($p > 0.057$) entre horas de muestreo.

Tabla 5.- Análisis de varianzas de una vía para la preferencia térmica, de la langosta roja, (los valores de temperatura se encuentran en grados centígrados).

Variable	Mediana	gl	H	P
Diurno	13.35	1	15.13	$p \leq 0.001$ ***
Nocturno	15.5			
Entre horas		23	34.62	0.057 ns

ns = No significativo

*** = Altamente significativo

gl = Grados de libertad

La preferencia térmica diurna de las langostas fue de 13.35 °C, mientras que la preferencia nocturna fue de 15.5 °C. (Tabla 5).

Las variaciones diurnas y nocturnas, se muestran en la Figura 8, donde se indica el comportamiento de los organismos durante el transcurso de un día, prefiriendo en su mayoría altas temperaturas en la noche y menores temperaturas en la mañana a excepción del descenso que se observa a las 15:00 horas.

Las oscilaciones de temperatura son más notorias de las 6:00 am a 16:00 pm, mientras que de las 16:00 a las 5:00 am, los valores de temperatura que prefieren las langostas fueron más uniformes.

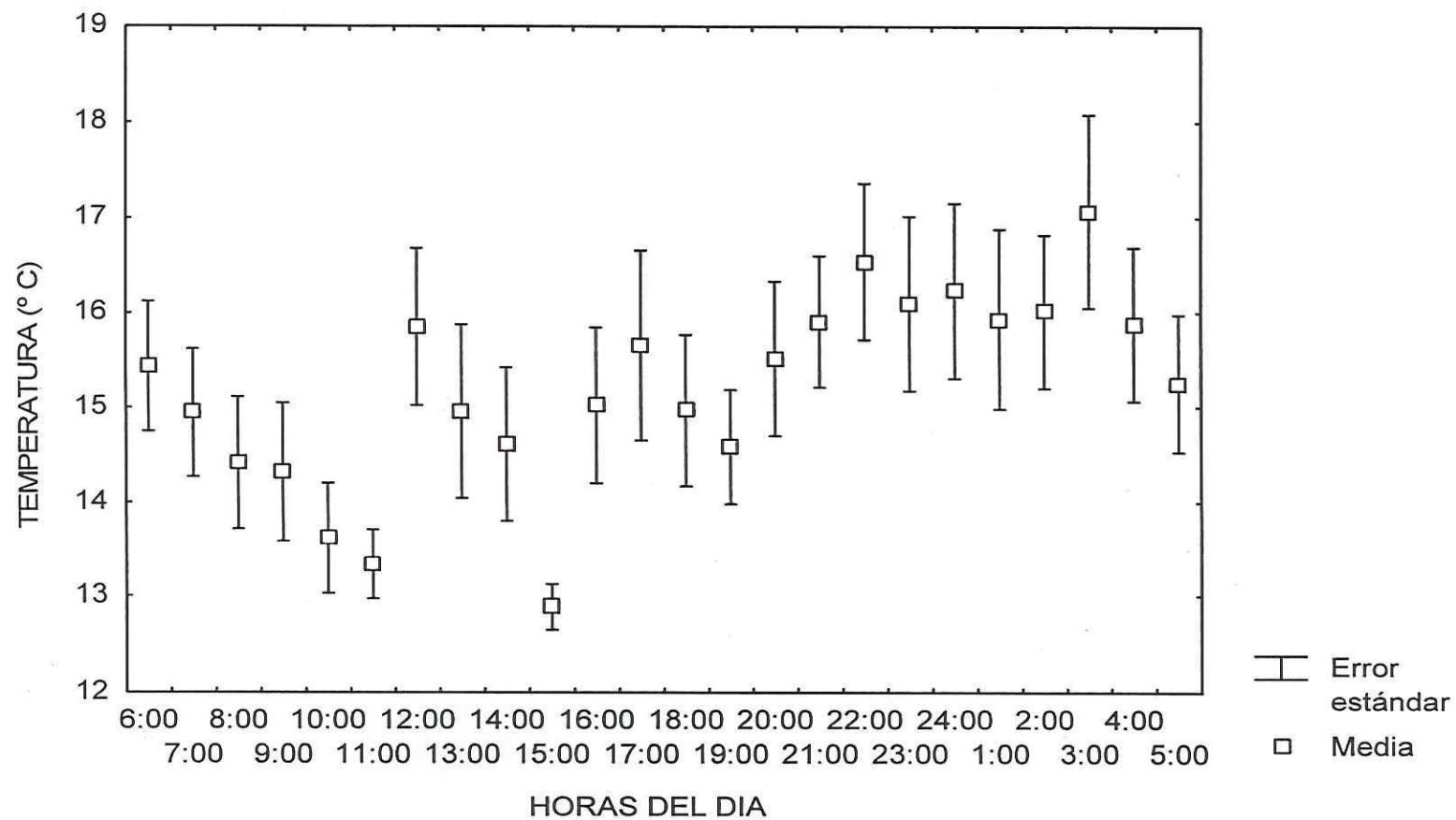


Fig. 8 .- Preferencia térmica de *Panulirus interruptus* en un ciclo de 24 horas, considerando un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. El fotoperiodo luz comienza a las 6:00 am y termina 17:00 pm y de 18:00 pm a 5:00 am, es el periodo oscuridad.

3.3 Resultados de conducta por incremento de temperatura en el gradiente salino.

Con el incremento de la temperatura en el extremo de mayor salinidad se observó una migración de los ejemplares hacia el extremo contrario del gradiente en donde la salinidad va disminuyendo. Sin embargo el análisis estadístico de estos resultados, que se reflejan en la figura 9, incluyendo todas las transformaciones posibles, no muestran una correlación significativa entre estas dos variables.

En la Tabla que se muestra a continuación, se indica la estadística descriptiva de la temperatura y salinidad, de este experimento, (Tabla 6).

Tabla 6.- Estadística descriptiva de temperatura (grados centígrados) y salinidad (partes por mil).

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Error estándar
Temperatura	509	15.7	28.40	24.58	2.131	0.094
Salinidad	509	19.0	34	29.28	2.884	0.127

Con el aumento de temperatura, se logro observar movimientos y conductas específicas de *P. interruptus*, los cuales se describen a continuación.

- se frotan los ojos con el cuarto par de pereiópodos,
- las maxilas las utilizaban para rascar las anténulas,

- conducta agresiva
- se frotan las setas sensoriales de los pereiópodos entre si y con ayuda de los maxilípedos,
- las posiciones de estos organismos eran con las patas estiradas y abdomen doblado, o bien en ocasiones ambas se encontraban estiradas por completo.
- se formaban filas, las cuales eran dirigidas por el animal mas activo,
- existe un movimiento de selección, previo de la cámara en el cual las langostas avanzan o retroceden,
- después de un periodo de movimientos, sobreviene la calma, la cual se alcanzada a temperaturas de 25 °C,
- una vez aclimatados los organismos toleran bajas salinidades (29 ‰) y temperaturas de 25 °C.

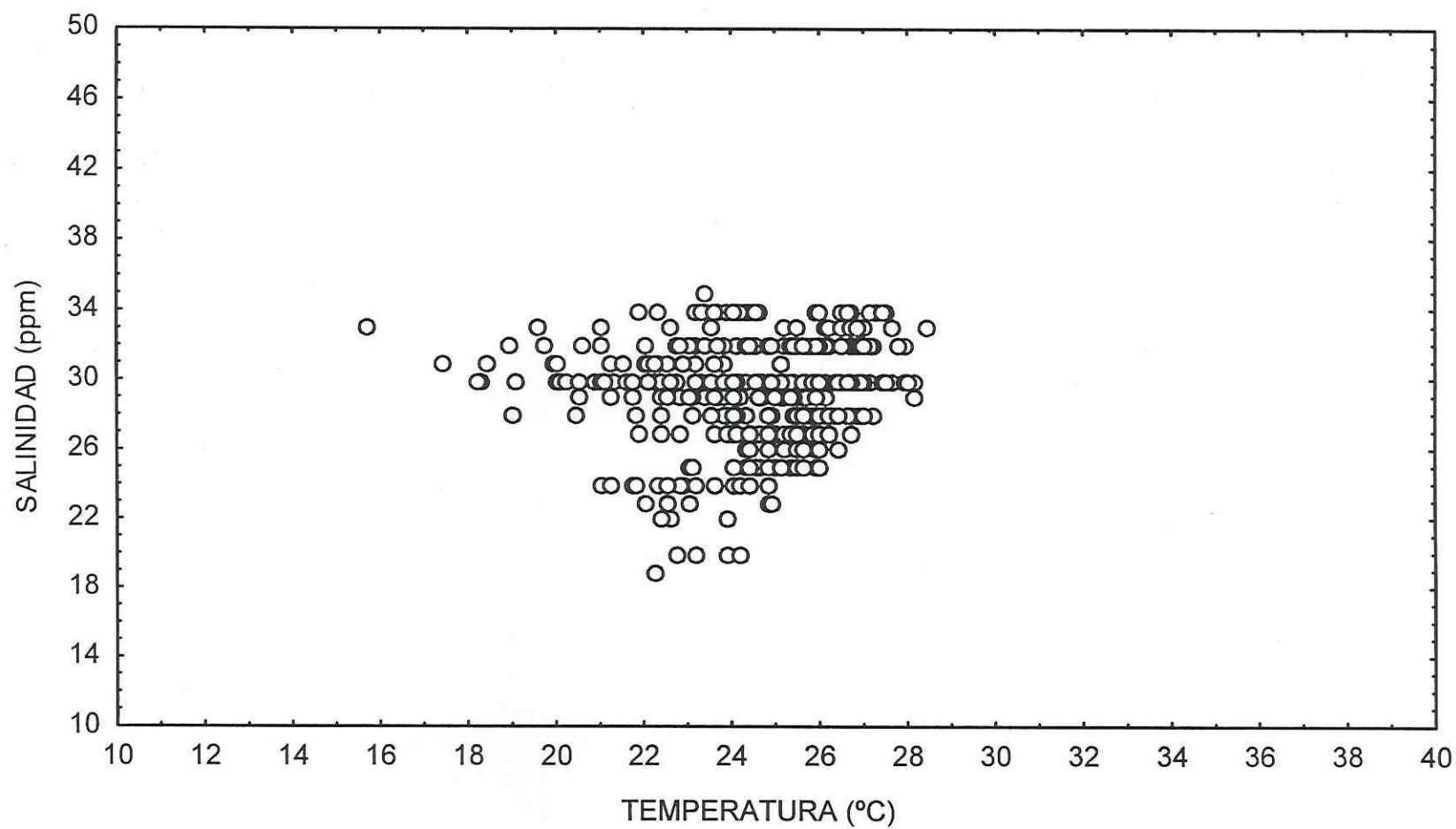


Fig. 9. Comportamiento de *Panulirus interruptus*, ante diferentes salinidades y temperaturas.

3.4 Respuesta metabólica

Cumpliendo con el segundo objetivo planteado en esta tesis, se realizó un experimento donde se determinó la oscilación circadian del consumo de oxígeno del organismo, considerando un fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad a la temperatura y salinidad preferidas.

Los intervalos de valores mínimos y máximos, media, desviación estándar y error estándar se encuentran descritos en la Tabla 2, los cuales están estandarizados a la temperatura preferida por el coeficiente de Winberg.

Se encontro diferencia ssignificativa ($p \leq 0.001$) entre el día y noche al aplicar una ANDEVA de Kruskal – Wallis por no cumplir con las premisas de normalidad y homocedasticidad (Tabla 7).

Tabla 7.- Análisis de varianza, según el método Kruskal-Wallis, los valores se representan en $\text{mg O}_2 \text{ Kg bh}^{-1}\text{h}^{-1}$

Variable	Mediana	gl	H	P
Diurno y	22.48	1	11.130	$p \leq 0.001^{***}$
nocturno	29.60			

*** = Altamente significativo

gl = Grados de libertad

También se aplicó un ANDEVA paramétrica para las horas de muestreo por haber pasado las pruebas de normalidad y homocedasticidad, obteniéndose que si existe una diferencia significativa entre las horas de muestreo, (Tabla 8).

Tabla 8.- Análisis de varianza para las horas del muestreo del consumo de oxígeno en $\text{mg O}_2 \text{ Kg bh}^{-1} \text{h}^{-1}$

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P
Entre tratamientos	23	8263.43	359.280	2.839	$\leq 0.001^{***}$
Total	151	24461.41			

*** = Altamente significativo

gl = Grados de libertad

Se identificó las diferencias entre horas de muestreo con la prueba Tukey, la cual estableció que en las horas 8, 9, 12 y 15 difieren significativamente ($p \leq 0.05$) del resto de las horas. (Tabla 9).

Tabla 9.- Comparación de rangos múltiples, según el método Tukey.

HORAS	q
8:00 a	6.715
9:00 a	5.613
12:00 a	5.888
15:00 a	5.394
Resto b	$q < 5.394$

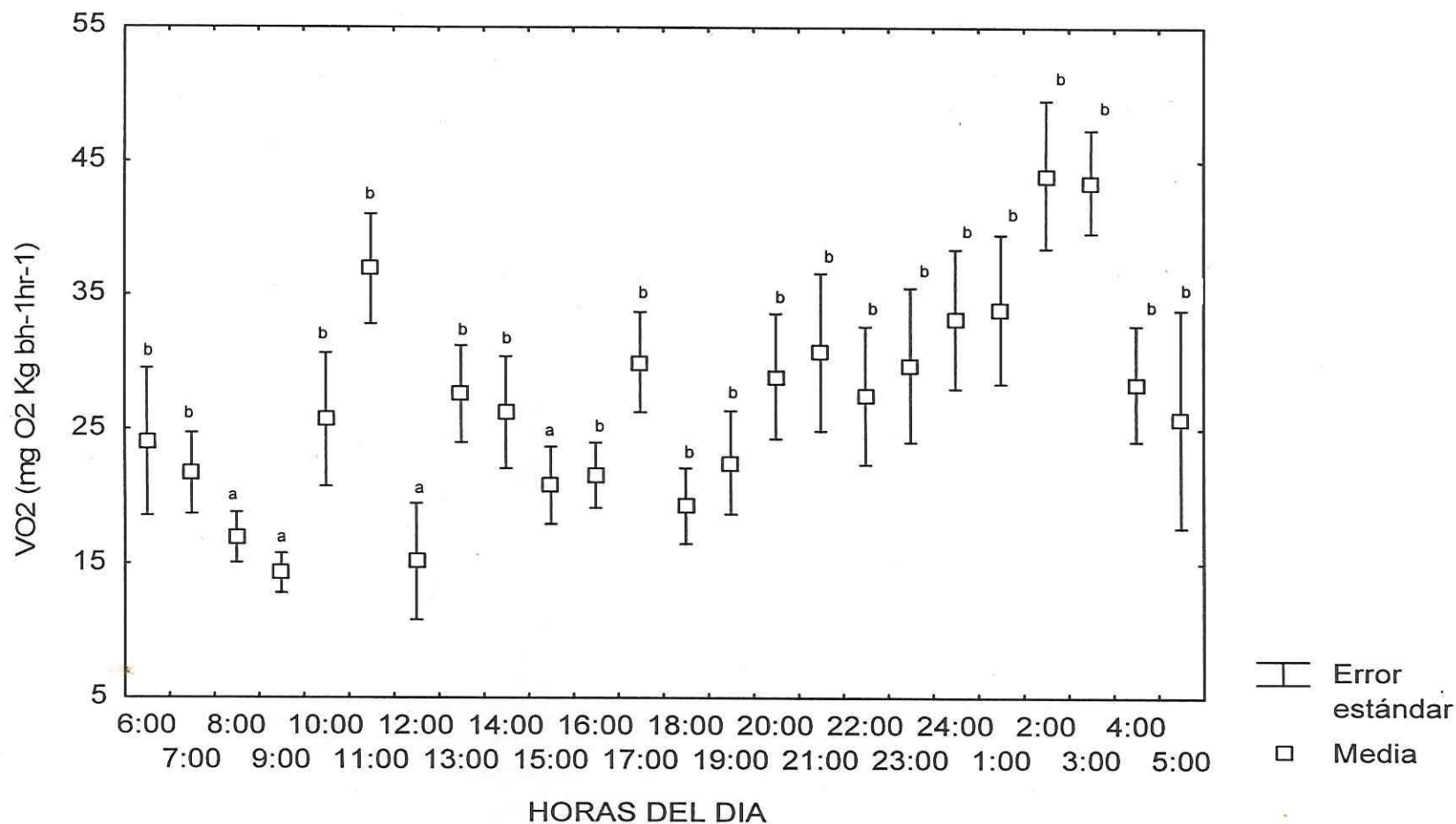


Fig. 10.- Ritmo respiratorio a la temperatura preferida (13.3 – 15.5°C) de *Panulirus interruptus* durante un ciclo de 24 horas, determinado por el consumo de oxígeno (mg O₂ Kg bh⁻¹ h⁻¹), considerando el fotoperíodo, (12 horas luz, 12 horas oscuridad).

4. DISCUSION

4.1 Preferencia salina

Las especies de la familia Palinuridae son osmoconformadoras eurihalinas y en aspectos de la regulación osmótica e iónica están relativamente bien estudiadas, (Mantel y Farmer, 1983). Sin embargo los resultados obtenidos en este trabajo constituyen una novedad científica ya que es por vez primera que se realizan estudios en este tipo de instalación de gradiente salino gravitacional.

Se determinó que la preferencia salina de *Panulirus interruptus*, en su estadio juvenil es de 35 ‰, este resultado, contribuye directamente al cultivo de esta especie, ya que la salinidad es considerada como un factor crítico en aquellas especies que requieren agua salada para su sobrevivencia y desarrollo.

La langosta roja, por ser un organismo osmoconformador necesita salinidades altas para mantener la constancia de su medio interno, (Mantel y Farmer, 1983; Cobb y Phillips, 1980) El intervalo de preferencia salina de *Panulirus interruptus* es de 28 a 37 ‰. Este intervalo es comparable con *P. argus*, ya que Davis, (2001) refiere un valor de salinidad óptimo de 28-36 ‰, mencionando que esta especie de langosta es capaz de permanecer en lugares donde la salinidad tenga valores de 25 ‰ y soportar cambios mas bajos de 19 ‰. A pesar de que no se puede hacer una comparación exacta entre *P.*

argus y *P. interruptus* por ser de aguas cálidas y templadas, respectivamente, podemos incluir a ambas especies entre un mismo intervalo de valores de preferencia salina, por ser osmoconformadoras, al igual que el resto de las especies de la familia Palinuridae.

Haciendo un análisis de varianza entre el día y la noche, (Tabla 3) se puso de manifiesto que no hubo diferencias en el comportamiento de los ejemplares, sin embargo en la figura siete, donde se muestra la preferencia salina de *P. interruptus*, se observaron variaciones entre hora y hora, estableciéndose que existió una diferencia significativa, ($p < 0.05$), a pesar de ello las medias que se observan en esta gráfica (Fig.,7), no cambian sustancialmente, pero es importante tener en cuenta que esta especie (*P. interruptus*), es un organismo osmoconformador eurihalino, (Mantel y Farmer, 1983), y por lo tanto es capaz de detectar cualquier cambio de salinidad por mínima que sea, por lo que las medias que se observan en la figura 7, si bien no cambian sustancialmente, los cambios fisiológicos que se presentan en el organismo son lo suficientemente importantes, como para aseverar que estos movimientos son propios de su fisiología osmoconformadora.

Las salinidades que reporta CALCOFI (1982), para un lugar cercano a donde se capturaron los organismos para este trabajo, (Isla de Cedros a 20 m de profundidad) presentaron un promedio de salinidad de 33.6 ‰ para la primavera, 33.6 ‰ para verano, 33.89 ‰ para otoño y 33.9 ‰ para invierno.

El valor de la preferencia salina, obtenido en este trabajo, el cual fue de 35 ‰, se encuentra cercano al valor existente en el medio ambiente donde fueron capturadas, lo que corrobora la característica osmoconformadora de la especie.

4.2 Preferencia térmica

La temperatura preferida de *Panulirus interruptus*, durante el día fue de 13.35 °C y 15.5 °C, durante el transcurso de la noche (Tabla 5). Con estos valores, se infiere que esta especie de langosta prefiere aguas templadas.

La importancia de este valor radica en que esta temperatura preferida es la requerida para la mayoría de las funciones vitales de un organismo (Fry, 1947; Angilletta, *et al.*, 2001), y lo encontrado en el presente trabajo se considera como la temperatura óptima preferida.

Crossin *et al.*, en 1998, determinó que la preferencia térmica de *H. americanus*, es de 16.5 °C $\pm$ 0.4 °C, con un intervalo de 19 a 13 °C mientras que para *Panulirus interruptus* fue de 13.35 °C a 15.5 °C, como es notorio ambas especies se asemejan en su intervalo de preferencia térmica eso es posiblemente debido a que el lugar donde habitan estas dos especies predomina un mismo intervalo de temperatura.

Como lo menciona Crossin *et al.*, (1998) existe una gran relación entre la temperatura, crecimiento y reproducción; pensando que esta especie es potencialmente cultivable, la temperatura óptima establecida en este trabajo

podrá usarse como base para seleccionar lugares donde se pretendan realizar cultivos a escala comercial.

En la figura 8, se destaca un mínimo a las 3:00 pm, este valor a pesar de que no es significativamente diferente ($p>0.05$) al resto de las horas. Es posible que se haya debido a que las langostas durante el transcurso del periodo de luz no varían sus movimientos, y al comenzar la noche, las migraciones son mas intensas.

Las langostas presentaron una diferencia significativa entre el *preferendum* diurno y nocturno, ya que estos organismos tienden a migrar hacia aguas cálidas durante el transcurso de la noche, esto se debe a que las langostas obtienen su alimento durante la noche y durante el transcurso del día permanecen ocultas en aguas mas profundas y frías donde pueden ocultarse de sus depredadores. Con esto se puede aseverar que la langosta presenta un ritmo diurno – nocturno en su migración trófica. Al respecto Herrnkind, (1980) incluye en su trabajo los aspectos espaciales del ciclo de vida de *P. argus* descrito por Buesa (1970). Posteriormente, Lipcius y Eggleston (2000), utilizando el mismo esquema propuesto por Buesa (*op cit*) generaliza los movimientos tróficos y reproductivos durante el ciclo de vida de todos los palinúridos, lo cual coincide con los resultados en este trabajo.

En los experimentos realizados con respecto a la respuesta metabólica, se encontró que el consumo de oxígeno para *P. interruptus* es mayor durante el transcurso de la noche que la del día, con esto se corrobora los hábitos

nocturnos del langosta roja, sustentando también la preferencia térmica diurna y nocturna.

Aunque se han realizado estudios acerca del comportamiento termorregulador de algunas especies de langostas, e incluso de larvas filosomas, (Serrano, 2001); aun no se tienen bien definidas las temperaturas óptimas para el cultivo.

Para esta misma especie Romero, (1996) señala un intervalo de preferencia entre 9 a 14 °C, para su estadio adulto. Este valor, se encuentra cercano a lo obtenido en este trabajo, con lo que se podría establecer un mismo intervalo de temperatura para el estadio juvenil y adulto.

Las langostas juveniles con las que se realizaron los experimentos, fueron capturadas en una zona donde la temperatura promedio para primavera es de 14.9 °C, para verano 16.6 °C, 19.7 °C para otoño y 16.5 °C para invierno, estos datos fueron obtenidos por CALCOFI (1982), con este dato se puede corroborar la hipótesis planteada en este trabajo ya que se sabe que las langostas prefieren aguas con valores de entre 13.35 °C y 15.5 °C, dicho intervalo se encuentra cercano a lo citado por CALCOFI.

4.3 Conducta por incremento de temperatura en el gradiente salino.

Para este experimento en los resultados obtenidos no se encontró una relación entre ambos factores, sin embargo en las observaciones que se realizaron era evidente que la temperatura jugó un papel determinante para las

migraciones de los organismos, haciendo que se recorriesen a temperaturas menos elevadas y por consiguiente soportar salinidades bajas.

Se sabe que los movimientos y migraciones de las langostas, están fuertemente influenciadas por la temperatura del medio y que este factor es determinante para el funcionamiento óptimo de dicho organismo. Es por ello que se puede sustentar que la temperatura fue el factor principal que ocasionó el movimiento de los organismos.

Romero, (1996), menciona que *P. interruptus* es capaz de enfrentar cambios de temperaturas ascendentes con una compensación metabólica aparentemente mejor que cuando este factor disminuye. Este autor también asegura que *P. interruptus* ante una variación inmediata, tiene una amplia resistencia tanto a bajas temperaturas como a las altas, aunque a altas temperaturas el desgaste metabólico es mayor para poder compensar a una temperatura a la que no está acostumbrada

En este trabajo la temperatura se aumentó a 30 °C, y los organismos no sufrieron daños severos aparentes a pesar de que estuvieron cerca del límite letal superior el cual se encuentra alrededor de 29 °C a 31 °C, (Romero, 1996). Este daño no fue visible ya que los experimentos fueron agudos y fue imposible establecer el deterioro de la langosta.

De la misma manera como lo demostró Crossin, *et al.*, (1998), para la langosta *H. americanus*, utilizando gradientes térmicos, en este experimento se demostró que la langosta *P. interruptus*, también es un crustáceo

termorregulador, capaz de sentir cambios de temperatura, mostrando una migración a lo largo del gradiente de salinidad.

Estudios de *Homarus sp.* demuestran evidencias de que durante todo el desarrollo en sus ciclos de vida están expuestos a variaciones de salinidad; además de que se ha comprobado en estudios ecológicos la capacidad de exponerse a bajas salinidades en el medio natural, (Charmantier *et al.*, 2001), sin embargo *Panulirus interruptus*, es una especie que no se encuentra expuesta a variaciones de salinidad y por lo tanto no se ha demostrado que esta especie sea capaz de soportar valores de salinidad crítica.

4.4 Respuesta metabólica

Se determinó que el consumo de oxígeno promedio durante un ciclo de 24 horas, a la temperatura y salinidad preferidas fue de $22.48 \text{ mg O}_2 \text{ Kg bh}^{-1}\text{hr}^{-1}$, para el periodo de luz y de $29.60 \text{ mg O}_2 \text{ Kg bh}^{-1}\text{hr}^{-1}$, habiendo diferencias estadísticamente significativas, entre el consumo diurno y nocturno observándose un aumento entre las 2 y 3:00 am. El oxígeno consumido ha sido utilizado por investigadores como un indicador del estado fisiológico o gasto metabólico. Es por ello que en este trabajo se utilizó la respirometría, ya que es una medida directa del efecto que tiene la temperatura y salinidad preferida sobre esta especie.

En la figura 9, se indicó el ritmo biológico del consumo de oxígeno que mantiene *Panulirus interruptus*, destacando un máximo a las 2:00 am y 3 am, esto coincide con los hábitos nocturnos de esta especie.

Jury y Watson, (1995), trabajaron con *Homarus sp.* donde encontraron que esta especie al estar expuestas a bajas salinidades existe un incremento en la tasa del consumo de oxígeno, al respecto, podemos argumentar que la salinidad establecida (35 ‰) fue constante y por lo tanto el consumo de oxígeno, no se vio afectado por dicho factor.

5. CONCLUSIONES

- La preferencia salina de *Panulirus interruptus* en estadio juvenil, fue de 35 ‰, no presentándose diferencias significativas entre el ciclo diurno y nocturno.
- La temperatura preferida de la langosta roja *Panulirus interruptus*, en estadio juvenil, fue de 13.35 °C para el periodo de luz y 15.5 °C para la oscuridad.
- La langosta roja, soporta una salinidad de 29 ‰, a la temperatura de 25 °C, durante el transcurso de una hora.
- El ritmo biológico diario medido por el consumo de oxígeno de juveniles de *P. interruptus*, tiene una expresión bimodal. La primera entre 10:00 am y 12:00 m con un máximo a las 11:00 de 37.0 mg O₂ Kg bh⁻¹.h y la segunda entre las 2:00 y 3:00 am de 43.0 a 44.0 mg O₂ Kg bh⁻¹.h con un valor medio para la luz de 22.48 mg O₂ Kg bh⁻¹.h. y 22.60 mg O₂ Kg bh⁻¹.h para la oscuridad.

6. RECOMENDACIONES

Es necesario determinar los valores críticos máximos y mínimos que permitan conocer las tolerancias de esta especie, para ambos factores, (temperatura y salinidad).

Se sugiere realizar estudios, que determinen la temperatura y salinidad óptimas de la langosta roja, en sus diferentes estadios del ciclo de vida, incluyendo las fases larvarias y postlarvarias.

Se deben realizar experimentos determinando el metabolismo energético en animales aclimatados a temperaturas y salinidades críticas mínimas y máximas, según se indicó anteriormente.

7. REFERENCIAS

- **Aguilar, J. M. (1995).** Efecto de la salinidad sobre el metabolismo respiratorio, excreción nitrogenada y osmorregulación en *Macrobrachium tenellum* de Muleque Baja California Sur, México. Tesis Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 40 pp.
- **Amador, C.G. (2001).** Termorregulación de juveniles y adultos de la langosta de quelas rojas *Cherax quadricarinatus*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 50 pp.
- **Angilletta, J. M., Niewiarowski, H. P., and Navas, A. C. (2001).** The evolution of thermal. J. Therm. Biol. 27(2002): 249-268.
- **Ayala, M.Y. y Chávez, H. (1985).** Notas sobre la colecta de larvas y juveniles de langosta roja, *Panulirus interruptus* (Randall), en la costa occidental de Baja California, México. Rev Ciencias Mar. 11(2):93-100.
- **Briones, F. P. y Lozano, A. E. (2000).** The spiny lobster fisheries in Mexico. Phillips, F. B. y J. Kittaka. (Ed). En: Spiny lobster: Fisheries and culture. Fishing News Books. USA; 169-168.
- **Bücker, F., Barón, B., Hernández, M., Ledo, A., Solís, R., Pérez, B. y Hernández, A. Manuscrito (M.S).**

- **Buesa Mas, R. J. (1970).** Migrations of lobsters (*Panulirus argus*). Mar y Pesca 60: 20 – 27.
- **California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, (1982).** CALCOFI. Seasonal distributions T, S, σ_t , E, O₂, %O₂. Lynn R. J., Bliss, A.K. and Eber, E. L. (Ed). 513 pp.
- **Chapa, S.H. (1964).** Contribución al conocimiento de la langosta del Pacífico mexicano y su pesquería. Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq., Secc. Ind. Com., Publ. 6, pp. 1-68.
- **Charmantier, G., Haond, C., Lignot, J., y Charmantier M. (2001).** Ecophysiological adaptation to salinity throughout a life cycle: a review in Homarid lobsters. J. of Exp. Biol. 204:967-977.
- **Cobb, J.S. y Phillips, F.B. (1980).** The biology and management of lobsters. Academic press. USA. 463 pp.
- **Cossins, A.R. y Bowler, K. (1987).** Temperature biology of animals. Pub. Chapman and Hall, London. 339 pp.
- **Crossin, G., Al-Ayoub, S.A., Jury, S.H., Howell, W.H., y Watson III, W.H. (1998).** Behavioral thermoregulation in the American lobster *Homarus americanus*. J. of Exp. Biol. 201:365-374.
- **Davis, M. (2001).** Spiny lobster culture: Economic potential, in the Caribbean, Gulf of Mexico. Fish Farming News.

- **Díaz I. E. (1988).** Aspectos de la fisiología de animales acuáticos. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba. 119 pp.
- **Díaz, A., y Guzmán del Prío, S. (1995).** Hábitos alimentarios de la langosta roja (*Panulirus interruptus* Randall, 1840) en Bahía Tortugas, Baja California Sur. Rev. Ciencias Mar., 21(4):439-462.
- **Díaz, F., Del Río, Sierra, E., Aguilar, M., y Re-Araujo (2000).** Preferred temperature and critical thermal maxima of red abalone *Haliotis rufescens*. J. of Therm. Biol. 25: 257-261.
- **Díaz, F., Espina, R.S., Sánchez, C.A. y Díaz, E. (1989).** Ritmo respiratorio y amplitud metabólica del camarón café *Peneus aztecus* (Tamiahua, México) con ablación de los pedúnculos oculares. Rev. De Inv. Mar. 10(1): 27-38.
- **Díaz, F., Espina, S., Rodríguez, S., Soto, F.C. (1998).** Preferred temperature of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes), and brema carp, *Megalobrama amblycephala* (Yih), (Pisces, Cyprinidae) in horizontal and vertical gradients. Aquaculture Research 29,643-648.
- **Díaz, F., y Bückle, F. (1993).** Thermoregulatory behaviour of *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palaemonidae). Tropical Ecology 34:199-203 pp.
- **Díaz, H. F. (1989).** Estudio ecofisiológico del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 105 pp.

- **Fry, F. J. (1947).** Effects of the environment on animal activity. Univ. Toronto Studies, Biol. Ser. 55, Ontario Fish. Res. Lab. Publ. 68:1-62 pp.
- **Fry, F. J. (1971).** The effect of environmental factors on the physiology of fish. Hoar, W.S. and Randall D.J.(Ed). En: Fish physiology Academic Press. London, 1 – 87.
- **Giattina, J.D. y Garton, R.R. (1982).** Graphical model of thermoregulatory behavior by fishes with a new measure of eurythermality. Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 39:524-528 pp.
- **Hernández, R, M., y Díaz, F.H. (1995).** Interacción de la temperatura y la salinidad sobre la excreción de amonio y osmorregulación en *Penaeus aztecus* (Crustacea:Penaidae). Caribbean Journal of Science. 3(3-4):284-288.
- **Hernández, R.M. (1998).** Comportamiento termorregulador de *Poecilia sphenops* (Pisces:Poeciliidae) aclimatada a temperaturas constantes y fluctuantes. Tesis Doctoral. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 136 pp.
- **Herrnkind, W. F: (1980).** Spiny lobster: Patterns of movement. Cobb, S. y Phillips (ed.). En: The Biology and Management of Lobsters. Vol. 1. Academic Press, 349 – 407 pp.
- **Hoar, W.S. (1966).** General and comparative physiology. Prentice – Hall. USA. 815 pp.

- **Hutchison, V.H. y Manes, J.D. (1979).** The role of behavior in temperature acclimation and tolerance in ectotherms. *Amer. Zool.* 19:367-384.
- **Jury, S.H. y Watson, W. (1995).** Lobsters movements in response to a hurricane. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 119:305-310.
- **Jury, S.H. y Watson, W. (2000).** Thermosensitivity of the lobster, *Homarus americanus*, as determined by cardiac assay. *Biol. Bull.* 199:257-264.
- **Lipcius, R. N. y Eggleston, D.B. (2000).** Ecology and fishery biology of spiny lobster. Phillips, F. B. y J. Kittaka. (ed). En: *Spiny lobster: Fisheries and culture*. Fishing New Books. USA; 1- 41.
- **Mantel, L.H. y Farmer, L. H. (1983).** Osmotic and ionic regulation. Bliss, E. D. (ed). En: *The biology of crustacea. Vol 5. Internal Anatomy and physiological regulation*. Academic Press, 53 – 61 pp.
- **Martínez, A. y Díaz I. E. (1975).** Instalación respirométrica de la acción de diversos agentes presentes en el agua de mar. *Centro de Investigaciones Marinas, Facultad de Ciencias.* 8(18):1-6.
- **Ortíz, V.D. (1996).** Adaptaciones fisiológicas de la langosta roja *Panulirus interruptus* para vivir fuera del agua en relación al tiempo de exposición aérea. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Unidad Ensenada, Baja California México. 51 pp.

- **Panikkar, N. K. (1969).** Osmotic behaviour of shrimps and prawns in relation to their biology and culture. F.A.O. Fish. Rep. 57:527-538.
- **Penkoff, S. J. y Thurberg, F. P. (1982).** Changes in oxygen consumption of american lobster, *Homarus americanus* during the molt cycle. Comp. Biochem. Physiol. National Marine Fisheries Service, Northeast Fisheries Center, Milford Lab. USA, Vol. 72 (4):621-622.
- **Prosser, L. y Brown, F.A. Jr. (1961).** Fisiología comparada; 2da edición; editorial Interamericana; México D.F. pp 728
- **Reynolds, W. W. y Casterlin, M.E. (1979).** Behavioral thermoregulation and the "final preferendum". Amer. Zool.,19:211-224 pp.
- **Romero, P.B. (1996).** Utilización del consumo de oxígeno como estimador de límites letales térmicos en *Panulirus interruptus* (Randall, 1840), Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Unidad Ensenada, Baja California México. 49 pp.
- **Serrano, F. E. (2001).** Respuesta fisiológica de larvas de *Panulirus interruptus* ante variación de temperatura y salinidad: temperatura y salinidad críticas, metabolismo y preferendum termal. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Unidad Ensenada, Baja California México. 53 pp.
- **Talamás, R. E. (2001).** Efecto de la temperatura sobre la preferencia térmica y el metabolismo de juveniles de *Totoaba macdonaldi* (Gilbert,

1890) (Pisces:Sciaenidae). Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 63 pp.

- **Taylor, R. (1983).** Thermal preference and temporal distribution in three crayfish species. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 77A(3):513-517.
- **Winberg, G. (1956).** Intensivnost' obmena i piscevye potrebnosti ryb. Rate of metabolism and food requirements of fish. Russian. Izd Belgosuniversiteta, Minsk. (Engl. Trans.: Fish Res. Bd Can. Transl. Serv., 194).