



SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA

INSTITUTO **POLITECNICO** NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



CIENCIAS MARINAS

METABOLISMO RUTINARIO DE LA LANGOSTILLA *Pleuroncodes*
planipes EN RELACION A LA DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

BIOL. LUZ ELENA RIZO DIAZ BARRIGA

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I. P. N.
DONATIVO

La Paz, B.C.S., Mayo 1994

INDICE GENERAL

Lista de Figuras	I
Lista de Tablas	II
Glosario	III
Resumen	IV
Introducción	1
Antecedentes	5
Area de Colecta	9
Justificación	13
Objetivos	15
Materiales y Métodos	16
<i>Organismos experimentales</i>	16
<i>II Diseño experimental</i>	18
<i>III Tratamientos experimentales</i>	19
<i>IV Evaluación del crecimiento y sobrevivencia</i>	20
<i>V Análisis estadístico</i>	21
Resultados	24
<i>I Consumo de oxígeno disuelto</i>	24
<i>II Tasa metabólica de rutina</i>	27
2.1 Efecto de la temperatura	27
2.1.1 Estimación del coeficiente térmico	30
2.2 Efecto de la salinidad	31
2.2.1 Efecto combinado de temperatura y salinidad	33
<i>III Metabolismo rutinario en función del sexo</i> <i>y condición reproductiva</i>	34
3.1 Consumo de oxígeno	34
3.2 Efecto de la temperatura	35
3.3 Efecto combinado de la temperatura y la salinidad	38
<i>IV Sobrevivencia en condiciones de laboratorio</i>	38
<i>V Crecimiento en Condiciones de laboratorio</i>	41

VI	<i>Observación incidental de un apareamiento en el laboratorio</i>	44
Análisis		46
I	<i>Organismos experimentales</i>	46
II	<i>Diseño experimental</i>	46
III	<i>Tratamientos experimentales</i>	47
IV	<i>Relación del nivel de oxígeno disuelto y su consumo de oxígeno</i>	47
V	<i>Efecto de la temperatura en la tasa metabólica rutinaria</i>	49
VI	<i>Coefficiente térmico</i>	50
VII	<i>Efecto de la salinidad en la tasa metabólica de rutina</i>	51
VIII	<i>Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la tasa metabólica de rutina</i>	52
IX	<i>Metabolismo de rutina en función del sexo y condición reproductiva</i>	53
	<i>Sobrevivencia en condiciones de laboratorio</i>	55
10.1	<i>Tasa de sobrevivencia de la langostilla</i>	55
10.2	<i>Mortalidad de la langostilla en función de la talla</i>	57
XI	<i>Crecimiento en condiciones de laboratorio</i>	57
	Conclusiones	63
	Recomendaciones	64
	Literatura Citada	65
	Anexo	75

I. INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Localización del área de colecta. Los puntos señalados, indican las estaciones de arrastre donde se capturó la langostilla durante la campaña EP0991	15
Figura 2	Esquema de una langostilla <i>Pleuroncodes planipes</i>	18
Figura 3	Velocidad de consumo de oxígeno (mg/l) de la langostilla <i>Pleuroncodes planipes</i> en función de la temperatura. Las líneas verticales representan la desviación estandar de la media	25
Figura 4	Metabolismo de rutina de <i>Pleuroncodes planipes</i> en función de la temperatura	26
Figura 5	Velocidad de consumo de oxígeno disuelto a 22 °C de la langostilla <i>Pleuroncodes planipes</i>	26
Figura 6	Diagrama de cajas con muesca de las medianas del metabolismo de rutina en función de la temperatura	27
Figura 7	Metabolismo de rutina de <i>Pleuroncodes planipes</i> en función de la temperatura a una salinidad constante (25ppm)	28
Figura 8	Diagrama de cajas con muesca de las medianas del metabolismo de rutina en función de la temperatura a 25ppm	28
Figura 9	Metabolismo de rutina de <i>Pleuroncodes planipes</i> en función de la temperatura a 45 ppm	29
Figura 10	Diagrama de cajas con muesca de las medianas del metabolismo de rutina en función de la temperatura a 45 ppm	29
Figura 11	Valores del coeficiente térmico para <i>Pleuroncodes planipes</i> a diferentes intervalos de temperaturas	31
Figura 12	Velocidad de disminución en la saturación de oxígeno disuelto de acuerdo a la salinidad. Las líneas verticales representan la desviación estandar de la media	32
Figura 13	Promedio del metabolismo de rutina de <i>Pleuroncodes planipes</i> en función de la salinidad (ppm)	33

Figura 14	Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en el metabolismo rutinario	34
Figura 15	Metabolismo rutinario de hembras, hembras ovígeras y machos en función de la temperatura	35
Figura 16	Análisis de varianza del metabolismo de rutina de la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i> en función del sexo y la condición reproductiva (35 ppm)	36
Figura 17	Tolerancia a los cambios de temperatura de: a) hembras, b) hembras ovígeras y c) machos de la langostilla <i>Pleuoncodesplanipes</i>	37
Figura 18	Efecto combinado de la salinidad y temperatura en el metabolismo rutinario de: a) hembras, b) hembras ovígeras y c) machos de la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i>	39
Figura 19	Curva de sobrevivencia de las hembras y machos de <i>Pleuoncodes planipes</i> en condiciones de laboratorio	40
Figura 20	Tallas promedio de individuos muertos y su relación con eventos semanales en condiciones de laboratorio	41
Figura 21	Curva de sobreviencia de: a) hembras de y b) machos de langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i> en función del tiempo	42
Figura 22	Crecimiento estimado de la langostilla en el laboratorio	43
Figura 23	Observación incidental de un cortejo de la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i>. a)pareja (hembra y macho), girando en torno a un eje agarradas de las quelas, b) unidas de las quelas las langostillas se columpian hacia adentro y hacia afuera verticalmente, c)cópula.	45

II. INDICE DE TABLAS

Tabla I	Valores promedio de los interceptos (a) y pendientes (b) de las regresiones lineales de oxígeno disuelto (mg/l) contra el tiempo	78
Tabla II	Consumo de oxígeno (mg/g/min) de la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i> a diferentes temperaturas y salinidades experimentales	79
Tabla III	Estimaciones del coeficiente térmico (Q_{10}) a diferentes salinidades de la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i> por grupo, sexo y condición reproductiva.	80
Tabla IV	Tasa de sobrevivencia de la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i> en condiciones de laboratorio	81
Tabla V	Mortalidad de la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i> en función de los eventos reproductivos	82
Tabla VI	Crecimiento del cefalotorax (mm) en la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i> en el laboratorio	83
Tabla VII	Crecimiento comparativo del cefalotorax de la langostilla <i>Pleuoncodes planipes</i> en similares condiciones de laboratorio	84

III. GLOSARIO

ADAPTACION: Respuesta de los organismos a las diversas propiedades del ambiente

ACLIMATACION: Es el ajuste fisiológico que presenta el organismo dentro de su límite de tolerancia a los cambios ambientales.

ALOMETRIA: Relación de crecimiento no proporcionado con respecto a todo el cuerpo o a una de sus partes.

ALETARGAMIENTO: Disminución del metabolismo en el ciclo vital de los organismos, en respuesta a las condiciones ambientales desfavorables.

ANABOLISMO: Conjunto de fases del metabolismo que dan por resultado la síntesis de las materias del protoplasma.

BENTOS: Fondo marino incluyendo organismos fijos al mismo o bien que pertenecen a éste o viven en los sedimentos del fondo.

BIOMASA: Se refiere al total de materia que constituye a un ser vivo y que se encuentra en forma de proteínas, carbohidratos, lípidos y otros compuestos orgánicos.

CATABOLISMO: Conjunto de reacciones bioquímicas que transforman la materia viva en desecho.

CEFALOTORAX: Parte anterior del cuerpo de los artrópodos, compuesta de los somitas cefálicos y torácicos fusionados.

COEFICIENTE TERMICO (Q_{10}): Se define como el cociente entre la tasa metabólica a una temperatura y la tasa metabólica a una temperatura 10 °C menor; donde su valores que representan el nivel de sensibilidad de los organismos a las variaciones en la temperatura, varían generalmente de 1 a 4, en el que los valores bajos indican una alta adaptabilidad térmica de los organismos, mientras que valores altos indican una gran sensibilidad a los cambios de temperatura.

DETRITUS: Comprende toda la acumulación de la materia orgánica particulada, producto de la descomposición de organismos muertos.

DIMORFISMO SEXUAL: La presencia de diferencias morfológicas marcadas entre individuos femeninos y masculinos de una misma especie.

ECDISIS : Remoción del exoesqueleto viejo; el animal aumenta de tamaño por inclusión de agua en su organismo.

EPIPELAGICO: Organismos que viven en la columna de agua comprendida entre los primeros 200 metros aproximadamente.

ESTRES: Respuesta fisiológica estereotipada, que puede presentar el organismo en consecuencia a un trauma producido por uno o varios agentes perjudiciales, como las temperaturas extremas, venenos, infecciones o estímulo social.

EURIHALINO: Organismos que tienen capacidad de tolerar grandes variaciones en la concentración de sal en el agua.

EURITERMO: Organismos que tienen la capacidad de tolerar grandes variaciones de temperatura, sin sufrir alteraciones en su fisiología.

EXOESQUELETO: Cutícula dura compuesta de carbonato de calcio que cubre toda la superficie de los artrópodos.

FACTOR DE CONDICION: Factor numérico usado para comparar la condición física de un organismo y esta basado en la relación existente entre el peso y la longitud del animal.

GALATHEIDAE: Familia del orden decápoda compuesta con aproximadamente 230 especies; caracterizadas por presentar formas parecidas a cangrejos con abdomen simétrico flexionado debajo del torax, cola en abanico bien desarrollada; rostro casi siempre bien desarrollado; caparazón no fusionado con el epistoma.

HIPEROSMOTICO: Organismo que presenta una concentración salina mayor a la del **medio**.

INTERMUDA: Tiempo en el cual el ejemplar está en condiciones normales con un exoesqueleto endurecido.

INTERVALO OPTIMO: Intervalo donde los factores externos, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, son idóneos para la sobrevivencia de los organismos y por tanto sus funciones vitales las realiza sin ninguna dificultad.

LIMITE INCIPIENTE LETAL (PUNTO CRITICO): Grado de independencia metabólica. Es determinado por el punto donde el organismo se vuelve dependiente de las concentraciones de oxígeno del medio.

METAECDISIS: Proceso donde el exoesqueleto se calcifica y endurece.

METABOLISMO: Interacciones bioquímicas involucradas en la transformación de la energía de oxidación en trabajo fisiológico exactamente regulado, constituido por dos fases: anabolismo y catabolismo.

MIGRACION VERTICAL: Desplazamiento de algunos organismos en la columna de agua.

MORTALIDAD DIFERENCIAL POR SEXOS: Condición en la que el índice de mortalidad de los individuos de un sexo en la población es mayor o menor al otro sexo.

NECTON: Organismos flotantes capaces de nadar a voluntad.

OXIGENO DISUELTO: Cantidad de oxígeno (mg/l) contenido en el agua a disposición de los organismos.

PELAGICO: Organismos que viven en la columna de agua; se aplica al plancton y al necton

PLATAFORMA CONTINENTAL: Pendiente continental que se extiende desde la línea de costa hasta los 200 m de profundidad.

PLEOPODO: Apéndices natatorios localizados en los sómitas abdominales de los crustáceos.

POIQUILOTERMO: Organismo cuya temperatura corporal es variable.

PROECDISIS: Proceso donde el calcio es removido desde el exoesqueleto aumentando su concentración en la sangre. Posteriormente se forma un nuevo exoesqueleto bajo el viejo.

PUNTO CRITICO: Concentración mínima de oxígeno, donde la velocidad de consumo es sensiblemente menor.

QUELA: Parte distal de un apéndice que semeja una pinza, una de las partes de esta es móvil mientras que la otra carece de movilidad

QUITINASA: Glucosidasas específicas de la quitina que rompen los carbohidratos degradandolos hasta moléculas más pequeñas.

REGULACION OSMOTICA: Ajustes en el metabolismo del agua y de los solutos, cuando hay cambios en las concentraciones de solutos en el medio. Estos ajustes pueden deberse al aumento o disminución de la producción de orina y la excreción de iones por las branquias.

RESPIROMETRO: Equipo para determinar el consumo de oxígeno por organismos.

ROSTRO: Extensión rígida del caparazón proyectada hacia la parte anterior del cuerpo, entre los ojos o pedúnculos oculares.

SALINIDAD: Se define como la concentración total de iones disueltos en el agua.

SEGREGACION SEXUAL: Cuando ambos sexos se distribuyen en áreas distintas, excluyéndose mutuamente, o bien se superponen en una misma área, se han adaptado para utilizar recursos distintos o a vivir bajo condiciones ligeramente diferentes.

SURGENCIA: Movimiento ascendente de las aguas subsuperficiales del mar hacia la superficie provocado principalmente por la acción de viento sobre la superficie del mar.

TASA DE MORTALIDAD: Número de individuos muertos en una población en una determinada unidad de tiempo.

TASA DE SOBREVIVENCIA: Número de organismos vivos presentes en una población por unidad de tiempo.

TASA METABOLICA: Es el proceso catabólico que representa uno de los principales canales de flujo de energía, donde el total de las transformaciones energéticas tienen lugar y es frecuentemente utilizada como un indicador del estado interno del organismo.

TASA METABOLICA ACTIVA: Proceso catábólico donde la actividad se da en condiciones forzadas.

TASA METABOLICA ESTANDAR: Nivel mínimo compatible con la vida de un organismo.

TASA METABOLICA DE RUTINA: Se produce cuando hay una actividad motora mínima.

TALUD CONTINENTAL: Pendiente continental que se extiende desde la plataforma continental hasta la elevación continental, con una profundidad entre los 200 y 6000 m.

TOLERANCIA: Parte del acervo genético de diversos animales que tienen la capacidad de compensar los cambios ambientales. Pudiendo vivir en ciertos intervalos de variación de temperatura, humedad, concentración de oxígeno, etc sin dañar su eficacia metabólica.

IV. RESUMEN

Con base a estudios previos que sugieren que la mayor abundancia de la langostilla bentónica *Pleuroncodes planipes* ocurre entre los 13 y 16 °C en la parte oceánica de la costa occidental de Baja California Sur, México, se efectuaron experimentos a temperaturas 10, 13, 15, 17, 20 y 22 °C, y a tres diferentes salinidades 25, 35 y 45 ppm, para determinar la tolerancia de la especie y su tasa metabólica rutinaria.

Se colectaron 180 organismos (90 hembras y 90 machos) entre 3.21 y 7.24 g de peso, en septiembre de 1991 a bordo de B/O " El Puma".

Las langostillas fueron separadas y agrupadas por sexo y/o condición reproductiva en contenedores de plástico de 40 l de capacidad, adaptadas como acuarios, que fueron colocadas en un laboratorio en condiciones ambientales constantes a 15 ± 1.5 °C y en penumbra.

Posteriormente, se midió el consumo de oxígeno a intervalos de 10 minutos, durante dos horas por grupo de 10 organismos los que fueron escogidos al azar de cada acuario de mantenimiento. Los resultados no mostraron diferencias metabólicas significativas en el intervalo de 13 a 17 °C ($P > 0.05$). En cambio, la tolerancia a la variación de temperatura fuera de este intervalo disminuyó significativamente. Por lo que posiblemente el óptimo metabólico se encuentre entre este intervalo de temperatura.

La salinidad no afectó la tasa metabólica del crustáceo con la misma intensidad que la temperatura. Sin embargo, el aumento de la tasa metabólica a bajas concentraciones salinas (25 ppm), indica que la langostilla es probablemente hiperosmótica a esa concentración salina.

Por otro lado, se colectaron 39 mudas de 26 hembras y 14 machos y se analizó el crecimiento midiendo la longitud del cefalotórax de langostillas antes y después de la muda, por un periodo de seis meses. El crecimiento promedio registrado en las hembras por muda fue de 1.4 mm y el de los machos de 1.7 mm.

También se analizó la tasa de sobrevivencia, mediante un seguimiento semanal. El patrón de mortalidad por tallas (longitud del cefalotórax) en la langostilla indicó que individuos más grandes (26 - 27 mm), murieron durante las primeras tres semanas, sin distinción de sexo. Sin embargo, las langostillas $< 15 > 27$ mm lograron sobrevivir hasta 27 semanas. En las semanas donde se registraron eventos de muda, apareamiento y desove, la mortalidad de las hembras se incrementó notablemente, esto posiblemente sea una evidencia para explicar la mayor proporción de machos encontrada en condiciones naturales.

ABSTRACT

Previous studies on the benthonic phase of the red crab *Pleuroncodes planipes*, suggest a high abundance of the animal between 13 of 16 °C, offshore of the west coast of Baja California Sur, México. The effect of six different temperatures (10, 13, 15, 17, 20 y 22 °C) at three salinities (25, 35 and 25 ppm) was assessed upon the capability of adaptation and metabolic rate of the specie.

180 specimens (90 females and 90 males) between 3.21 and 7.34 g were caught in September 1991 by the research vessel "El Puma".

All animals used in the following experiments were separated by sex and reproductive condition and placed in 40 1-plastic containers, used as aquariums in a laboratory maintained at constant temperature (15 ± 1.5 °C and dim light).

The oxygen consumption was recorded at 10 minute intervals for two hours. No significant differences were noticed between 13 and 17 °C ($P > 0.05$). However, the tolerance to temperature outside of these range decreased significantly. It is believed that the metabolic optimum for the specie is between this range.

Salinity did not affect the metabolic rate of the animals in the same proportion than temperature did. However, the raise of the metabolic rate at low salinities (25 ppm) indicates the red crab to be an hyperosmotic organism.

On the other hand 39 moults were collected of which 26 were females and 14 males. The cefalotorax length of the red crabs was measured for a six month period. The mean growth observed in females was 1.4 mm and was 1.7 mm for males.

The survival rate was analysed by weekly observations. The number of dead organisms indicated that the highest sizes (26 - 27 mm) died between the first three weeks, regardless of its sex. The smallest (< 15 mm) and medium sized animals survived up to 27 weeks. Mortality increased, however, when animals moulted or spawned. This could possibly explain the high porportion of males found in natural conditions.

INTRODUCCION.

La langostilla *Pleuroncodes planípes* es considerada el crustáceo pelágico más abundante del necton y del bentos en la costa occidental de Baja California (Blackburn y Thorne, 1974). Este decápodo pertenece a la familia Galatheidae, cuya principal característica es que sus miembros o representantes son típicamente bentónicos en estado adulto. Sin embargo, en la etapa larvaria y juvenil pueden alternar entre el plancton y el bentos antes de asumir una vida estrictamente bentónica (Kato, 1974).

Este crustáceo habita la costa oeste de norteamérica y el Golfo de California (Longhurst, 1967). Su centro de distribución y abundancia es la plataforma continental de la costa oeste de Baja California Sur (24 a 27 °N) (Aurióles, 1992). Sin embargo, se ha documentado su presencia en el intervalo comprendido entre los 11 y 37° N. (Glynn, 1961; Boyd, 1962; Orellana y Escoto, 1981).

En estudios realizados en las últimas décadas se ha observado que la distribución espacio-temporal de las larvas y de los adultos pelágicos de *Pleuroncodes planípes* está íntimamente asociada al Sistema de Corrientes de California, razón por la cuál ha resultado ser un efectivo indicador biogeográfico de la zona de transición Templado-Tropical. (Glynn, 1961; Boyd, 1962, 1967; Longhurst, 1966, 1967, 1969; Blackburn, 1969, 1977; Arvizu et al., 1974; Alvaríño, 1976; McLain y Thomas, 1983; Smith, 1985; Lluch, 1987; Gómez, 1990).

Se han realizado análisis del contenido estomacal de las langostillas bentónicas, que señalan a este decápodo como un hábil consumidor de materia detrítica (Morales y Arvizu, 1976; Pérez y Aurióles, 1990; Hernández, 1993). Por lo mismo, existe la posibilidad de que la población de langostilla juegue un papel importante en la utilización de la energía disponible, específicamente del micronecton de la plataforma continental en la costa occidental de Baja California, consumiendo hasta el 80% del volumen total de ésta (Longhurst, 1966).

A su vez, registros obtenidos durante el periodo 1987-1 990 en la plataforma

continental de Baja California indican que, a pesar de la dispersión nocturna hacia la superficie reportada por Boyd (1967), la langostilla puede encontrarse con similar abundancia en el fondo tanto en el día como en la noche (Auriolés, 1992). Al respecto, Longhurst (1967) propuso que dicha migración vertical puede tener motivos tróficos, especialmente en zonas de gran productividad de planctónica. Así pues, este crustáceo puede migrar durante la noche desde el fondo hasta la superficie, estando así, menos expuesto al ataque de sus depredadores.

Debido a la enorme biomasa de langostilla existente en la costa occidental de Baja California, esta especie representa una parte importante de la dieta de numerosas especies de peces, aves y mamíferos marinos (Boyd, 1967; Kato, 1974; McHugh, 1952; Stewart, et al. 1984; Galván, 1988). Además, por su gran abundancia, y por ser un eslabón entre productores primarios y depredadores climáx, la especie ha sido considerada como un recurso de gran importancia económica y ecológica (Longhurst, 1967).

La abundancia de la langostilla; parece estar asociada a los florecimientos de fitoplancton, que siendo favorecidos por la disponibilidad de nutrientes aportados por las surgencias costeras (Glynn, 1961; Boyd, 1962; Blackburn, 1969; Kato, 1974), provocan grandes congregaciones de organismos sobre la superficie del mar, en enormes enjambres de hasta 7 kilómetros cuadrados (Palma y Arana, 1990). Cinco especies de la familia galatehidae: *Pleuroncodesmonodon*, *Cervimunida johni*, *Munida gregaria*, *Munida rugosa* y *Pleuroncodesplanipes*, se caracterizan por presentar dichas concentraciones masivas en los sistemas de los bordes orientales del mundo (Longhurst, 1967). Estos enjambres pueden tener en el fondo del mar una densidad tal que impide la captura de peces bentónicos en esas áreas (Auriolés, 1990).

Se ha estimado que la densidad promedio de la langostilla en la plataforma continental de Baja California Sur durante los meses de febrero y julio de 1989 fue de alrededor de 233 y 321 Kg/Ha respectivamente (Auriolés, 1992). Por ello, se ha considerado su posible explotación comercial.

Al respecto, la captura de la langostilla puede ser dirigida hacia su aprovechamiento integral como fuente potencial de quitinas, quitinasas, concentrados

e hidrolizados protéicos (Longhurst, 1967; Gallardo, 1975), colorantes, harinas y carotenoides (Kato, 1974., Kuo *et al.*, 1976; Spinelli *et al.*, 1974 y Spinelli y Mahnken, 1977). Todos estos compuestos han probado ser de amplia utilidad dentro de la industria alimenticia, química textil y farmacéutica (Gallardo, 1975), así como en la acuicultura (Kato, 1974; Villarreal *comen.pers*) y avicultura (Aurioles *et al.*, en prensa).

La amplia utilización de *Pleuroncodes mododon* en Sudamérica lo ha hecho un recurso importante para la economía de países como Chile, en donde se captura desde hace más de dos décadas obteniendo de éste, cola fresca congelada, además de pigmentos caratenoides y proteínas, que se han empleado como materia prima en la industria textil y alimenticia (Kato, 1974).

En México se vislumbra el aprovechamiento y comercialización integral de este recurso de la misma manera que en Chile, utilizando la langostilla bentónica que habita el talud continental (300 - 500 m de profundidad), y que alcanza tallas cercanas a las obtenidas en la pesca comercial de Chile (Aurioles, 1992). Es por ello que, desde 1987, el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur ha llevado al cabo diversos estudios dentro del marco del proyecto institucional "Bioecología de la langostilla *Pleuroncodes planipes* de la plataforma continental de Baja California Sur". Dichos estudios han sido dirigidos al conocimiento de la bioecología de esta especie, de los cuales, factores como la distribución y abundancia, aspectos reproductivos, hábitos alimenticios y su efecto en la abundancia y distribución de otros organismos bentónicos, han sido prioritarios.

Este trabajo forma parte de este proyecto, y su objetivo principal es realizar estudios más detallados acerca de la fisiología de la langostilla que, aunado a las investigaciones anteriores, permitan contribuir al conocimiento de la bioecología de este animal en su medio natural. Esta información ayudara a sentar las bases para el óptimo aprovechamiento de este recurso.

ANTECEDENTES.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA DISTRIBUCION DE LA LANGOSTILLA

La temperatura parece ser un factor determinante en la distribución de la langostilla *Pleuroncodes planipes*. Cuando las condiciones oceanográficas son estables en cuanto a temperatura, salinidad y nutrientes, ésta se localiza comunmente entre los 23 y 30 °N (Boyd, 1967; Aurióles, 1992). Sin embargo, cuando ocurren eventos oceanográficos como “El Niño”, en los que existe un debilitamiento en la Corriente de California y las aguas son más cálidas, grandes concentraciones de langostilla invaden aguas de California hasta una latitud cercana a 36°N (Glynn, 1961; Longhurst, 1966, 1968; Boyd, 1967; Longhurst y Seibert, 1971; Alvariño, 1976).

Se ha encontrado que la langostilla bentónica presenta su mayor biomasa y frecuencia de aparición cuando la temperatura del agua oscila entre los 13° y 17°C (Aurióles, 1992). Sin embargo, se han encontrado organismos (principalmente pelágicos) en un intervalo de temperatura más amplio (9° a 27 °C) (Glynn, 1961; Boyd, 1962; Parker, 1964; Longhurst, 1966; Blackburn, 1969; McLain y Thomas, 1983; Aurióles, 1992).

Durante el periodo de 1987-1 990, el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur estudió, en la costa occidental de Baja California Sur, una zona de gran concentración de langostilla entre los paralelos 24° y 26° N. En esta área, la langostilla se encontró distribuida durante el invierno y primavera en toda la plataforma continental (0 - 200 m) y parte del talud continental. En contraste, en el verano, ésta se retrajo hasta zonas más profundas (1 00 - 200 m), incluyendo el talud continental. Además, en el invierno se registraron las máximas abundancias del crustáceo (Aurióles, 1992).

Se infiere que la ocurrencia de la langostilla en zonas cercanas a la costa durante el invierno y la primavera, periodo de reproducción de este decápodo (Boyd, 1962; Longhurst, 1966, 1967; Kato, 1974; Alvariño, 1976), está asociada a las

surgencias costeras, caracterizadas por su alta producción biológica. De esta manera la langostilla asegura un abastecimiento de alimento para sus larvas (Longhurst, 1968; Gómez, 1990).

Este estudio pretende probar la hipótesis de que la temperatura es el parámetro abiótico más importante que influye en la distribución y abundancia de este crustáceo en la costa occidental de Baja California Sur. Se cree, además, que la especie tenga una posible predilección por temperaturas comprendidas entre los 13 y 16 °C, como lo proponen los estudios anteriores, y que dicha predilección esté regulada presumiblemente por procesos metabólicos. Existen algunos fundamentos sobre este aspecto que deben comentarse al abordar este trabajo, por lo que la importancia de este parámetro se explicará detalladamente.

TASA METABOLICA DE CRUSTACEOS.

Toda especie tiende a estar adaptada al habitat en donde vive, razón por la cuál es de esperar que sus respuestas metabólicas varíen en función de los cambios que acontecen en el mismo (Puig y Sanz, 1987). Diversos autores como Wolvekamp y Waterman (1960); Moshiri *et al.* (1971); Margalef (1980 y 1983); Modlin (1983); Moreira *et al.* (1983) relacionan las respuestas metabólicas de los organismos como un indicio de las adaptaciones de éstos a las condiciones ambientales del lugar del que procede.

Los procesos catabólicos del metabolismo constituyen la principal inversión energética en los requerimientos fisiológicos de una especie (Grodzinsky *et al.*, 1975). Estos, a su vez, son influenciados por una amplia variedad de estímulos ambientales, entre los cuales puede destacarse la presión de oxígeno y CO₂, la temperatura, la salinidad, así como algunas variables propias de los organismos, como el tamaño y el nivel de actividad entre otros (Florkin, 1960; Scheer, 1969; Kinne, 1971).

Debido a que las reacciones bioquímicas en los organismos aeróbicos son controladas por el nivel de oxígeno a su disposición, éste representa el factor limitante más importante que determina las funciones metabólicas de un organismo (Prosser y

Brown, 1968). Así mismo, el Q_{10} , ayuda a mantener la tasa de crecimiento y a realizar normalmente todas las funciones vitales.

La tasa metabólica en la cual el proceso catabólico representa uno de los principales canales de flujo de energía (Brody, 1964), considera el total de las transformaciones energéticas que tienen lugar en el organismo; ésta es frecuentemente utilizada como un indicador de su estado interno (Davies, 1966).

En general, el consumo de oxígeno está influenciado por factores ambientales como la salinidad, la temperatura, la época del año, la intensidad luminosa y la concentración de oxígeno disuelto en el agua (Kinne, 1970; Bridges y Brand, 1980; Villarreal, 1989), y está regulado por factores intrínsecos de los organismos tales como su tamaño, la actividad realizada, el estado de muda en que se encuentren, desarrollo gonadal, la inanición (si es que existe) y sus ritmos biológicos (Wolvekamp y Waterman, 1960; Nelson *et al.*, 1977; Scelzo y Zúñiga, 1987; Crockcroft y Wooldrige, 1985).

Es importante definir el intervalo óptimo y de tolerancia de consumo de oxígeno para entender algunos de los mecanismos fisiológicos y metabólicos de los organismos (Prosser y Brown, 1968; Rivera, 1992). Así, las mediciones de consumo de oxígeno, como una respuesta a los cambios en la salinidad y temperatura, dan como resultado una estimación de la capacidad adaptativa del organismo a su ambiente. Se conoce que el consumo de oxígeno afecta particularmente la tasa metabólica de los crustáceos (Wolvekamp y Waterman, 1960; Burd y Brinkhurst, 1984; Dalla, 1987; Scelzo y Zúñiga, 1987).

Muchos organismos poiquiloterms que sufren prolongadas exposiciones a cambios de temperaturas, presentan frecuentemente un ajuste metabólico. Estas compensaciones o aclimataciones térmicas, usualmente son consideradas como características adaptativas, dotando a los organismos con un grado de independencia ambiental (Prosser y Brown, 1968); esta situación se extiende también a los crustáceos (Wolvekamp y Waterman, 1960).

Muchas especies de aguas templadas poseen un grado de ajuste o

compensación hacia temperaturas bajas, disminuyendo su metabolismo. Sin embargo, cuando ocurre un incremento en la temperatura promedio normal, las tasas metabólicas de los organismos pueden verse duplicadas casi por completo. Esto se explicaría por el hecho de que las temperaturas del medio natural raramente exceden los intervalos tolerables, implicando que temperaturas muy elevadas superan los límites adaptativos de los organismos, siendo letales para ellos.

La temperatura es el factor ambiental determinante en el intervalo metabólico de los animales (Armitage y Wall, 1982). Este se define como el intervalo de temperatura en el cual se llevan a cabo eficientemente los procesos catabólicos y la transformación total de la energía (Brody 1964), y por tanto, donde se refleja el estado interno de un organismo (Davies, 1966).

Entre otras cosas, la importancia que tiene el conocimiento de las tasas metabólicas de organismos como los crustáceos, es el esclarecimiento de los mecanismos adaptativos que condicionan la segregación de las especies en sus diferentes habitats. Es de esperarse que las especies que presentan diferentes habitats, distribución vertical u horizontal y/o condiciones hidrográficas, reflejen patrones adaptativos a su medio y respuestas metabólicas diferentes (Quetin y Childress, 1976).

La langostilla *Pleuroncodes planipes*, es un crustáceo que presenta diferentes habitats a lo largo de su ciclo de vida (Boyd, 1962). Por ello, es considerada una especie bento-pelágica que puede vivir desde la superficie del mar hasta profundidades de 500 m en el Pacífico Oriental Tropical (Boyd y Johnson, 1963, 1967; Parker, 1964; Longhurst, 1967). En este ambiente, la langostilla puede ser encontrada en lugares cuyas temperaturas varían desde 10 a 28 °C, y presiones de oxígeno tan bajas como 0.1 mlO₂/l durante periodos largos (Quetin y Childress, 1976).

Por tanto, la temperatura, como el factor que determina la presencia y abundancia de la langostilla en la plataforma continental de Baja California Sur, requiere un estudio ecofisiológico que ayude a esclarecer las adaptaciones de esta especie a los cambios estacionales térmicos y de oxígeno.

TASA METABOLICA DE RUTINA.

Fry (1947), reconoce tres niveles del metabolismo: Estandar (nivel mínimo compatible con la vida de un organismo); de Rutina (organismos en actividad espontánea) y Activo (actividad bajo condiciones forzadas).

En los estudios bioenergéticos y fisiológicos generalmente se utiliza como medida de metabolismo el de rutina (Zúñiga, et *al.*, 1982). En este estudio, se consideró que la reducida actividad que pueden presentar los ejemplares confinados en los respirómetros probablemente puede subestimar los verdaderos requerimientos de las langostillas en condiciones naturales.

Por otra parte, se han definido varios métodos para comparar cuantitativamente la magnitud del efecto de la temperatura en las reacciones químicas de muchos crustáceos. El método más común para determinar la sensibilidad térmica de la tasa metabólica es la aproximación del Q_{10} , que se define como el cociente entre la tasa metabólica a una temperatura determinada y la tasa metabólica a una temperatura menor (Prosser y Brown, 1968). Los valores de Q_{10} representan el nivel de sensibilidad del organismo a las variaciones de la temperatura (Yagi et *al.*, 1990).

PROPORCION SEXUAL EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL

A partir de varios estudios efectuados con la langostilla capturada en el fondo marino, así como en la columna de agua, se ha hecho evidente que existe una mayor proporción de machos que de hembras en la fase adulta (a partir de los 17 a los 18 mm de longitud del cefalotórax) (Glynn, 1961; Boyd y Johnson, 1963; Serrano, 1991; Serrano y Auriolles, 1993). Esta proporción de sexos sesgada ya había llamado la atención de autores como Boyd y Johnson (1963), quienes sugirieron que la diferencia en dicha proporción sexual pudiera deberse a que cualquiera de tres

factores; a) existe una mayor proporción de machos que de hembras, desde el momento de la eclosión b) las hembras pueden tener una menor tasa de sobrevivencia que los machos y c) las redes de plancton utilizadas no capturan con igual efectividad a hembras y machos.

La posibilidad de una mayor producción de machos por determinación genética (hipótesis a) sólo podría darse si existiera una mayor mortalidad de hembras antes de la eclosión, lo que debería entenderse como que los cigotos con cromosomas femeninos son más susceptibles a la mortalidad. Hay que recordar, además, que la fecundación es azarosa y que todos los cigotos tienen, en promedio, la misma posibilidad de selección. La hipótesis c) no es válida para efectos del presente trabajo ya que el material biológico analiza la población bentónica que fue capturada con redes de arrastre en vez de con redes de plancton.

Sin embargo, una segregación espacial diferencial por sexos podría afectar el muestreo, de tal manera que las hipótesis se podrían replantear de la forma siguiente; a) existe una distribución diferencial por sexos en la plataforma continental y b) existe una mortalidad diferencial por sexos en la etapa juvenil-adulta

Serrano (1991) detectó que la varianza de la proporción sexual es alta en bajas densidades de langostilla (invierno). Esto sugiere la existencia de una segregación por sexos alta en el invierno y baja en verano, siendo los siguientes factores los que pueden originar la mayor captura de machos: 1) que las hembras no estén presentes en el área muestreada, y/o 2) que exista mortalidad diferencial afectando mayormente a las hembras.

AREA DE COLECTA

La zona donde fué colectada la langostilla está situada en la franja de plataforma, en la vertiente occidental de la Península de Baja California, entre los 23° 17' a 28° N, cubriendo, al norte, desde Punta Eugenia hasta el sur de Bahía Magdalena.

La distribución de los sedimentos en esa área conocida como el Golfo de Ulloa

predomina la arena limosa, en prácticamente toda la plataforma, con lentes aislados de arena muy fina y, hacia la plataforma exterior, de limo arenoso (Chávez y Schmitter, en prensa).

Por otro lado la Península de Baja California está situada en una zona de surgencias intensas que abarca de los 40 °N a los 40 °S en las márgenes orientales de los océanos. Las surgencias tienen lugar en varias épocas del año y consisten en el movimiento hacia la superficie de las aguas más profundas, cargadas de nutrimentos (Sverdrup *et al.* 1942). Se han observado surgencias a todo lo largo de la costa occidental de Baja California, pero hay ciertos lugares y épocas del año en que es más probable que ocurran.

Las surgencias son más frecuentes al sur de Bahía Magdalena, durante los primeros meses de año y en primavera (Sverdrup *et al.*, 1942; Gulland, 1971), así como a lo largo del costado sur de Punta Eugenia (Groves y Reid, 1958).

La región de colecta, está influenciada por el sistema de Corriente de California, la cual, de manera general, tiene dos corrientes superficiales que actúan en dirección opuesta (Reid y Roden, 1958). Una de éstas es la Corriente de California que se caracteriza por generar una circulación superficial originada aproximadamente a los 40° N (Sverdrup *et al.*, 1942), y que influye a lo largo de toda la costa occidental; ésta modifica su dirección hacia el oeste en la porción sur de Baja California. A altas latitudes se caracteriza por ser de tipo subártico, con baja temperatura y salinidad (Lynn y Simpson, 1987). Conforme ésta se va desplazando hacia el sur, modifica su identidad, adquiriendo características subtropicales, debido a las diferentes condiciones de insolación, evaporación y procesos de mezcla que ocurren frente a la costa occidental de la península de Baja California (Gómez, 1990).

Bajo la Corriente de California, a más de 200 m de profundidad, fluye la contracorriente subsuperficial del mismo nombre (Sverdrup *et al.*, 1942). En contraste con el flujo de superficie, que alcanza hasta 7 ml/l de oxígeno disuelto, la corriente profunda tiene concentraciones muy bajas que alcanzan hasta el 0.1 mg/l (Reid *et al.*, 1958). Lo que respecta a la temperatura, entre los 100 y 200 m ésta oscila entre los 13 y 15 °C (Auriolles, 1992).

JUSTIFICACION.

A partir de los resultados obtenidos de los diversos cruceros oceanográficos realizados en la costa occidental de Baja California Sur en la última década, las langostillas han llegado a ser uno de los grupos bentopelágicos que han despertado mayor interés científico, por su gran abundancia, importancia dentro de la dinámica trófica de los ecosistemas pelágicos y su potencialidad pesquera.

En investigaciones efectuadas en esta zona, se ha observado el relevante papel ecológico que tiene *Pleuroncodes planipes* dentro del ecosistema, como un punto de unión entre la productividad primaria y los niveles tróficos superiores (Longhurst, 1966; Blackburn, 1969; Morales y Arvizu, 1976).

Por otro lado, debido a la elevada abundancia de langostilla en el Pacífico Noroeste de México, se ha considerado su posible explotación pesquera con miras a un aprovechamiento comercial. Al respecto la F.A.O. (1971) calculó un potencial pesquero de 25×10^3 toneladas anuales para la costa occidental de Baja California. Esta producción puede ser dirigida hacia el aprovechamiento integral de la langostilla en la industria alimenticia, química textil y farmacéutica (Kato, 1974).

De acuerdo con Boyd (1967) y Longhurst (1966, 1967) la langostilla *Pleuroncodes planipes* es una de las pocas especies de la familia Galatheidae los hábitos pelágicos de los organismos, pueden prolongarse hasta la vida adulta. Esta adaptación podría implicar una mayor influencia en los patrones de distribución por los procesos dinámicos que controlan el movimiento del agua.

Por otro lado, Quetin y Childress (1976), determinan las adaptaciones respiratorias de *Pleuroncodes planipes* en el ambiente de Baja California, mediante estudios de laboratorio con temperaturas controladas de 10, 15, 20 y 25°C, y presiones de 0, 150, 300, 450, 900 y 1800 libras/pulg² encontrando que 1) la tasa de consumo de oxígeno la langostilla es comparable a la de otros crustáceos epipelágicos, 2) la temperatura determina de manera sustancial la tasa de consumo

de oxígeno en esta especie, 3) la langostilla puede habitar en lugares donde las presiones parciales de oxígeno son tan bajas como $0.1 \text{ mlO}_2/\text{l}$ durante largos periodos.

El Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, ha realizado durante los últimos cinco años estudios sobre la langostilla, encontrando zonas de alta frecuencia y gran abundancia dentro del intervalo de temperatura 13 a 17 °C, en la plataforma continental de Baja California Sur (Aurioles, 1992, Guzmán y Aurioles, 1992).

Con base en lo anterior, el propósito del presente trabajo es el de contribuir al mejor conocimiento de la especie, realizando estudios más finos de laboratorio, para determinar el efecto que factores físicos (temperatura, salinidad), así como variables no consideradas en trabajos previos como los biológicos (talla, sexo, condición reproductiva) los cuales afectan el consumo de oxígeno de la langostilla, y la influencia de éstos en su distribución y abundancia en la plataforma continental de la costa occidental de Baja California Sur.

Por otra parte, se pretende también explicar si la alta mortalidad en hembras de langostilla en la fase adulta está asociada a los altos costos energéticos que presentan éstas durante la época reproductiva, siendo posible que este requerimiento debilite a las mismas de tal manera que sean más susceptibles a la depredación, con lo cual disminuiría su tasa de sobrevivencia.

Para comprobar estos planteamientos se realizaron una serie de observaciones sobre el metabolismo rutinario de este crustáceo en función de la temperatura y se determinó el intervalo en el cual éste es más eficiente en términos fisiológicos.

Los resultados obtenidos en este estudio complementarán y fortalecerán el conocimiento, que se tiene sobre este abundante crustáceo, con lo cual se facilitará la implementación y desarrollo de una futura pesquería en México.

Con base en lo anterior se proponen los siguientes objetivos.

de oxígeno en esta especie, 3) la langostilla puede habitar en lugares donde las presiones parciales de oxígeno son tan bajas como $0.1 \text{ mlO}_2/\text{l}$ durante largos periodos.

El Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, ha realizado durante los últimos cinco años estudios sobre la langostilla, encontrando zonas de alta frecuencia y gran abundancia dentro del intervalo de temperatura 13 a 17 °C, en la plataforma continental de Baja California Sur (Auriolés, 1992, Guzmán y Auriolés, 1992).

Con base en lo anterior, el propósito del presente trabajo es el de contribuir al mejor conocimiento de la especie, realizando estudios más finos de laboratorio, para determinar el efecto que factores físicos (temperatura, salinidad), así como variables no consideradas en trabajos previos como los biológicos (talla, sexo, condición reproductiva) los cuales afectan el consumo de oxígeno de la langostilla, y la influencia de éstos en su distribución y abundancia en la plataforma continental de la costa occidental de Baja California Sur.

Por otra parte, se pretende también explicar si la alta mortalidad en hembras de langostilla en la fase adulta está asociada a los altos costos energéticos que presentan éstas durante la época reproductiva, siendo posible que este requerimiento debilite a las mismas de tal manera que sean más susceptibles a la depredación, con lo cual disminuiría su tasa de sobrevivencia.

Para comprobar estos planteamientos se realizaron una serie de observaciones sobre el metabolismo rutinario de este crustáceo en función de la temperatura y se determinó el intervalo en el cual éste es más eficiente en términos fisiológicos.

Los resultados obtenidos en este estudio complementarán y fortalecerán el conocimiento, que se tiene sobre este abundante crustáceo, con lo cual se facilitará la implementación y desarrollo de una futura pesquería en México.

Con base en lo anterior se proponen los siguientes objetivos.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Determinar la tasa metabólica rutinaria (consumo de oxígeno) de la langostilla *Pleuroncodes planipes*, en función de la temperatura, salinidad, sexo y condición reproductiva, con la finalidad de explicar su distribución y abundancia en la plataforma continental de la costa occidental de Baja California Sur.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 1.- Determinar el consumo de oxígeno de la langostilla en función del peso corporal de los organismos comprendidos entre 13 y 26 mm de longitud del cefalotórax.
- 2.- Determinar el intervalo de tolerancia de los animales a las variaciones de la temperatura.
- 3.- Determinar el intervalo de temperatura óptimo-metabólico de la langostilla.
- 4.- Determinar el efecto combinado de la temperatura y salinidad en la tasa metabólica de rutina.
- 5.- Realizar una comparación de la tasa metabólica rutinaria entre machos y hembras, valorando el requerimiento energético para cada sexo, antes, durante y después del apareamiento y desove.
- 6.- Determinar la tasa de sobrevivencia de los organismos en condiciones de laboratorio, por tallas y sexos.
- 7.- Determinar la tasa de crecimiento en relación al sexo.

MATERIALES Y METODOS

I.- ORGANISMOS EXPERIMENTALES

I.- Colecta y Transporte.

Durante la campaña oceanográfica EP0991, realizada a bordo del B/O “El Puma”, durante septiembre de 1991, se llevó al cabo la colecta de langostillas por medio de arrastres de 10 minutos con una red camaronera de 20 m de boca y 3 cm de luz de malla. Los arrastres fueron realizados entre el paralelo 24° y 27° N. (Fig. 1), donde se han detectado anteriormente las máximas abundancias de este crustáceo (Kato, 1974; Auriolos, 1992).

Una vez efectuada la colecta, se escogieron únicamente organismos adultos que tenían una talla aproximada entre 15 y 26 mm de longitud de cefalotórax: de ellos se seleccionaron un grupo de 180 individuos, de los cuales 90 fueron machos y los otros 90 hembras. Estos fueron colocados en contenedores de plástico de 40 l de capacidad, adaptados como acuarios (con sistema de aereación y recirculación de agua), instaladas dentro de un laboratorio con temperatura controlada (15 ± 1 ° C) a bordo del barco.

Los recambios de agua, así como la alimentación con una dieta comecial peletizada de los individuos, se realizaron con una periodicidad de 24 horas.

2.- Manejo de los Organismos en el Laboratorio.

a).- Mantenimiento y Aclimatación de los organismos al cautiverio.

Una vez en tierra, los acuarios fueron trasladados al departamento de Ecofisiología de Crustáceos del Departamento de Cultivos Marinos del C.I.B., donde permanecieron 27 semanas. El agua de mar fue filtrada y esterilizada con rayos ultravioleta

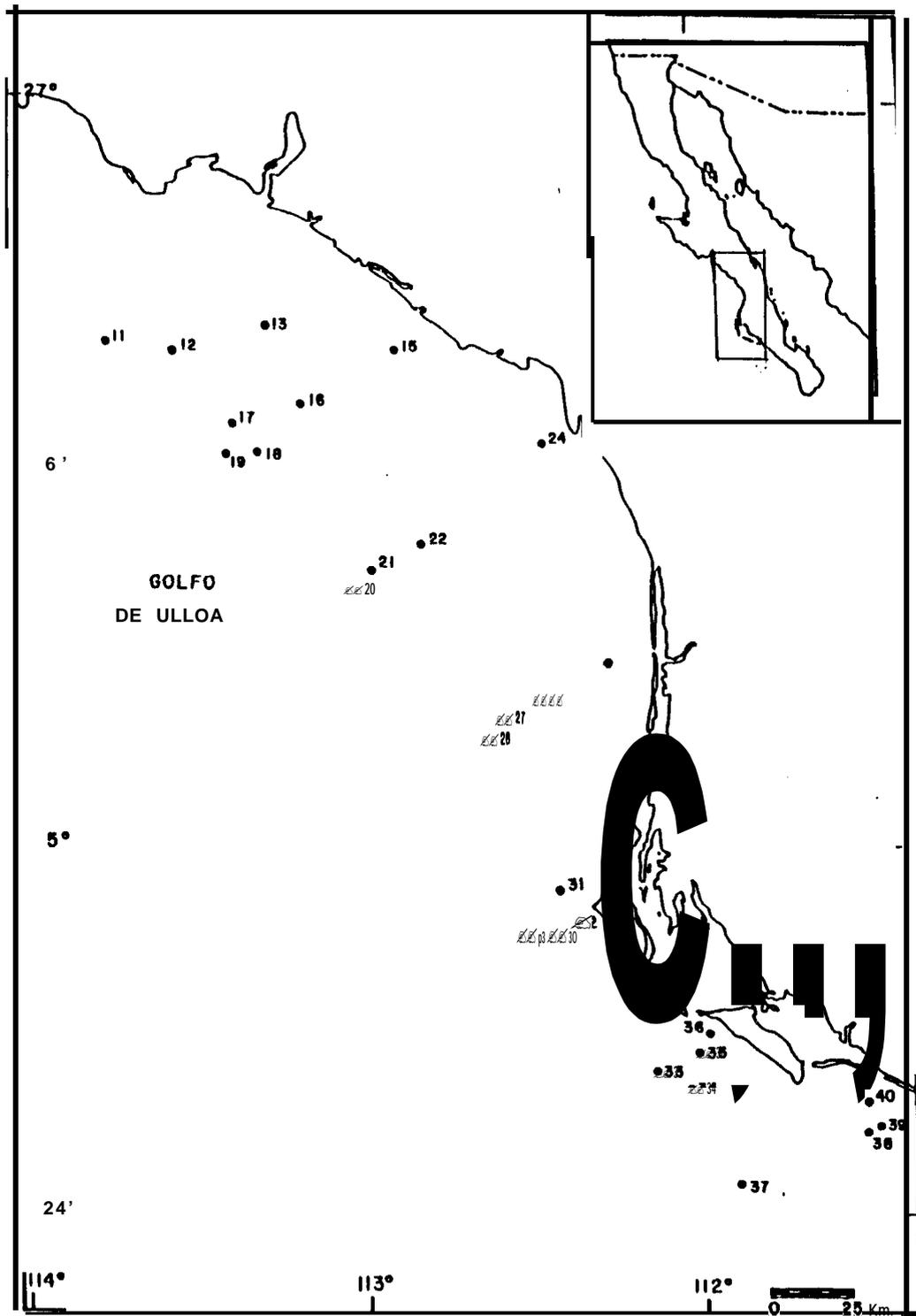


Figura 1 Localización del área de colecta. Los puntos señalados, indican las estaciones de arrastre donde se capturó la langostilla durante la campaña EPO991.

antes de ser utilizada en la aclimatación de los organismos. A su vez, el agua fue oxigenada con una bomba de inmersión, con el fin de mantener un nivel de saturación mayor a 85 %.

Los organismos fueron alimentados con una dieta comercial peletizada para camarón con 35 % de proteína (Piasa) y se mantuvieron en penumbra (con un mínimo de luz natural) y a una temperatura de 15 ± 1.5 °C. El recambio del agua fue aproximadamente del 66 % por día. La salinidad se mantuvo constante a 35 ppm.

Se realizó un seguimiento diario de los siguientes parámetros de calidad de agua: Oxígeno disuelto (mg/l) mediante un oxímetro poligráfico (YSI modelo 57); temperatura del agua (°C) mediante un termómetro sumergible de máximos y mínimos (± 0.1 °C); y salinidad (ppm) mediante un refractómetro ocular.

b).- Aclimatación parcial.

Se seleccionaron aleatoriamente 12 organismos de los acuarios de mantenimiento y se colocaron en una unidad de aclimatación (acuario) por un periodo de por lo menos 24 horas. Después de esto, se procedió a ajustar la salinidad del agua a la de la serie experimental a realizarse (25, 35, 45 ppm); dicho ajuste no fue superior a 8 ppm/día. Debido a esto, el tiempo requerido para el ajuste de la salinidad fue de un día para 45 ppm y dos días para 25 ppm, siendo mayor el tiempo a esta última salinidad debido a que la aclimatación de los individuos es más lenta. Durante este tiempo se continuó dando alimento a las langostillas.

Las salinidades experimentales se obtuvieron mediante la dilución del agua de mar (35 ppm) con agua dulce (para 25 ppm), y la adición de sal no refinada (para 45 ppm) en las siguientes proporciones:

a) 25 ppm: Diluyendo agua de mar con 50 % de agua dulce.

b) 45 ppm: Añadiendo 5 g de sal no refinada por litro de agua mar.

Venticuatro horas antes de cada ensayo se mantuvo en ayuno a los animales para asegurar la evacuación total de su tracto digestivo y evitar que éste pudiese alterar las condiciones experimentales (Nelson *et al.*, 1977; Logan y Epifanio, 1978; Zúñiga *et al.*, 1982; Scelzo y Zúñiga, 1987).

Simultáneamente al periodo de inanición, se ajustó la temperatura de acuerdo al tratamiento experimental deseado, en el cual permanecieron los organismos en las tinas de aclimatación por un periodo no menor de 24 horas antes de realizar cada evaluación.

Para el experimento de la variación de la tasa metabólica en función de la temperatura, se partió de la temperatura de 15 °C, incrementando ésta por medio de un calentador sumergible de 250 w con termostato incluido cuidando de que el aumento de temperatura no fuera superior a 3 °C por día.

Para temperaturas inferiores a 15° C, se utilizó hielo en un baño maría. Cuando se alcanzaba la temperatura deseada, ésta se mantenía constante durante un periodo de por lo menos 12 horas, antes de iniciar los experimentos del consumo de oxígeno.

Una vez, que finalizaba un experimento, fuera de temperatura o consumo de oxígeno cada organismo era secado con papel absorbente y pesado en una balanza digital con precisión de ± 0.01 g. Adicionalmente, se midió con un vernier digital la longitud del cefalotorax, que es la distancia, entre la punta de las espinas subrostrales y la base del rostrum, hasta el margen medio posterior del cefalotórax. Posteriormente, los organismos se colocaban en un acuario de recuperación donde permanecerían por espacio de dos horas, siendo finalmente reintegrados a las unidades de mantenimiento.

II. DISEÑO EXPERIMENTAL:

Para este estudio se siguió la metodología empleada por Rivera (1992) utilizando un sistema de respirómetros, que funcionaron como cámaras de tipo abierto que permitieron hacer más confiables y reproducibles cada una de las series experimentales.

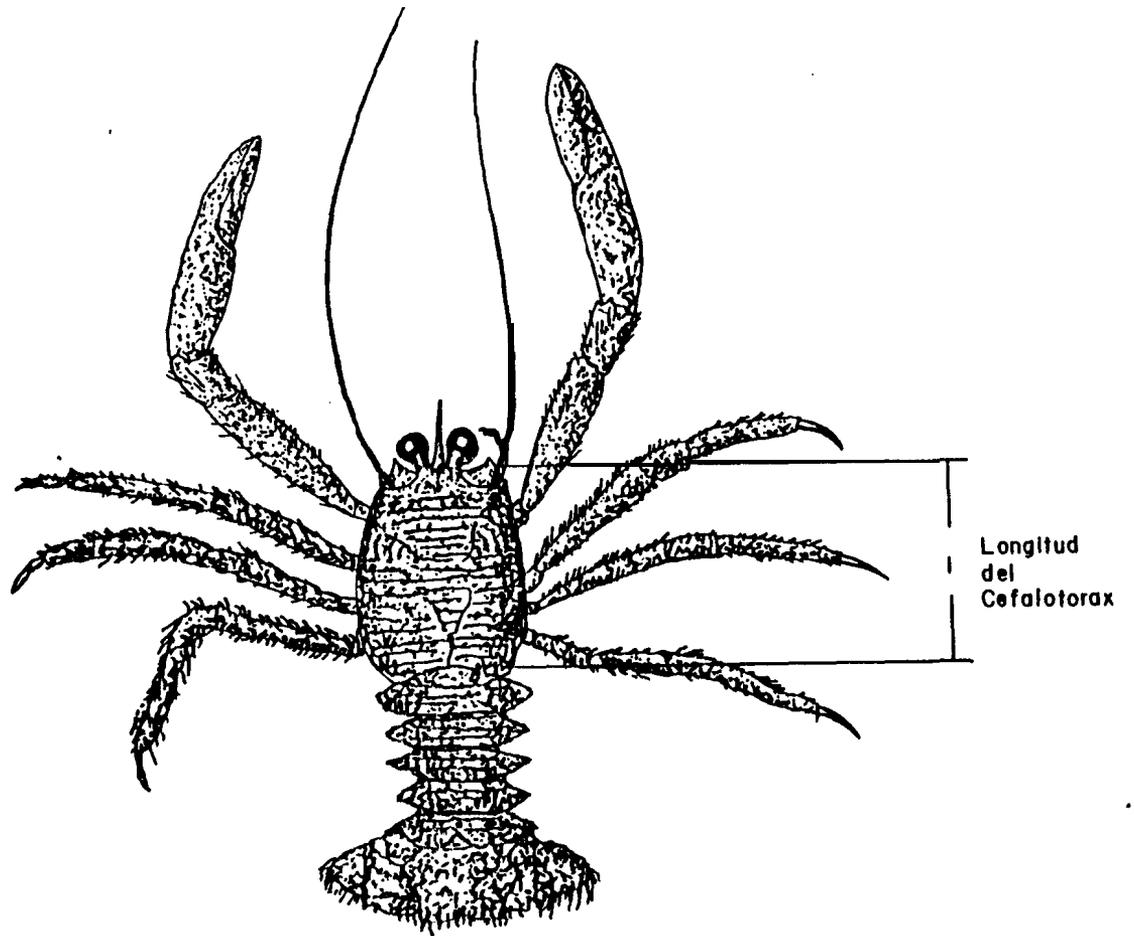


Figura 2

Esquema de una langostilla *Pleuroncodes planipes*

Se utilizaron un total de 12 matraces Erlenmeyer de fondo plano de 250 ml de capacidad, los cuales fueron llenados con 200 ml de agua (previamente filtrada con tamiz de 5 micras y esterilizada con luz ultravioleta) a la salinidad experimental correspondiente a cada experimento. Esta fué oxigenada a saturación, utilizando mangueras de plástico flexibles de 0.5 cm de diámetro, cada una con válvulas para regular el paso de aire, conectadas a un dispersor de aire de sílica. En cada respirómetro se colocó una langostilla.

Los matraces fueron colocados dentro de un baño maría para mantener constante la temperatura en cada serie experimental. La medición de la saturación de oxígeno disuelto en las cámaras experimentales se realizó utilizando un oxímetro con electrodo poligráfico (YSI modelo 51B).

Para cada serie experimental se utilizaron controles o blancos consistentes en matraces Erlenmeyer con 200 ml de agua en los cuales se removieron las langostillas después del periodo de aclimatación . Esto permitió estimar el consumo de oxígeno de microorganismos y del electrodo. La duración total del experimento fue de 120 minutos con mediciones de la concentración de oxígeno disuelto en los respirómetros a intervalos de 10 minutos.

III.- TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.

De acuerdo con la información publicada por Glynn, (1961), Boyd y Johnson, (1963); Parker, (1964); Longhurst, (1966); Blackburn, (1969); Auriolles, (1992), se seleccionaron tres temperaturas experimentales (13, 15, 17 °C) manteniendo constante la salinidad (35 ppm), las cuales cubren el intervalo de temperaturas y la salinidad promedio donde se ha capturado con mayor abundancia la langostilla en la costa oeste de la península de Baja California Sur. Complementariamente se hicieron experimentos del efecto de la temperatura y salinidad por debajo y por arriba de dicho intervalo (respectivamente 10°, 20° y 22° C; 25 y 45 ppm), para definir los límites de tolerancia, de acuerdo a la tasa metabólica del organismo.

Por otro lado, dentro de las evaluaciones a 22 °C fue posible determinar el nivel de saturación de oxígeno en donde el consumo de oxígeno disuelto de la langostilla pasa de ser independiente a dependiente. Este se obtuvo midiendo la velocidad de consumo de oxígeno de la langostilla cada diez minutos, hasta casi el total agotamiento del gas en el respirómetro, y donde la velocidad de consumo era sensiblemente menor. Esta concentración se llama punto crítico o nivel del límite incipiente letal.

Metabolismo Diferencial entre Hembras y Machos.

Se seleccionaron para cada tratamiento experimental grupos de 12 hembras ovigeras (manteniendo intacta la masa de huevecillos adheridos a los pléopodos), 12 hembras no ovigeras y 12 machos adultos entre 12 y 26 mm de longitud del cefalotórax, para evaluar el consumo de oxígeno de éstos. Después del periodo de aclimatación, se colocó a los organismos en los respirómetros y se hizo la evaluación de su consumo de oxígeno usando la metodología indicada en el inciso II.

IV.- EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA.

1 .- Crecimiento.

Para determinar el crecimiento, se utilizaron las mudas de las langostillas obtenidas durante un periodo de seis meses para comparar la talla de estas con el organismo recién mudado. Se lograron identificar 40 organismos (26 hembras y 14 machos), los cuales fueron separados del resto del grupo, colocándolos en pares en acuarios de 7 l de capacidad, y manteniéndolos en condiciones de cautiverio similares.

2.- Sobrevivencia.

En este estudio se contabilizó el número de individuos vivos por semana, con la finalidad de elaborar una curva de sobrevivencia por tallas y sexos.

Adicionalmente, se estableció una relación entre mortalidad en cautiverio y los diferentes procesos del manejo de la langostilla en el laboratorio: la aclimatación; determinación del consumo de oxígeno disuelto, apareamiento, desove y muda.

V.- ANALISIS ESTADISTICO.

1.- Metabolismo.

El análisis estadístico del estudio comprendió: 1) la aplicación de análisis de regresión que permitieron la comparación de pendientes de dos líneas de regresión de consumo de oxígeno ($\text{mgO}_2/\text{g}/\text{min}$). Dicho consumo se obtuvo a partir de la regresión de saturación de oxígeno disuelto (mg/l) contra el tiempo (min), estandarizando al volumen utilizado en los experimentos y la biomasa total en el respirómetro. 2) un análisis exploratorio de datos, sensible a variaciones individuales y que pudiese explicar de manera más acertada los resultados obtenidos en el laboratorio, utilizando el análisis de medianas o (cajas con muescas).

El análisis exploratorio de caja con muesca, propuesto por McGill et al. (1978), es una modificación al convencional de caja con bigotes (Box and Whisker plot), donde la muesca corresponde al ancho del intervalo de confianza de la mediana, mientras que el ancho de la caja es proporcional a la raíz cuadrada del número de observaciones en cada serie de datos. Esta gráfica permite hacer comparaciones, con un nivel de confianza del 95 %, y establecer diferencias significativas entre grupos pareados cuyas medianas aparentemente están traslapadas.

Los datos de consumo de oxígeno que presentaron ciertos respirómetros, producto de procesos tales como la demanda adicional de oxígeno de los animales durante el periodo de ecdisis (muda), o por haber alcanzado los niveles letales para la especie fueron descartados.

Finalmente se aplicó el análisis de varianza, y de la prueba de rangos múltiples de Tukey (Sokal y Rohlf, 1984). Donde la hipótesis nula (H_0) fue asumir que las variaciones en las temperaturas y salinidades, así como el sexo y la condición reproductiva no producen diferencias significativas en el consumo de oxígeno (tasa metabólica rutinaria) de la langostilla. La Hipótesis alterna (H_a), definió que si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

2.- Coeficiente térmico.

Para obtener un parámetro que represente la sensibilidad metabólica del organismo a variaciones de temperatura se determinó el coeficiente térmico (Q_{10}), el cual se define como el cociente de la tasa metabólica a una temperatura y la tasa metabólica a una temperatura menor (Prosser y Brown, 1968); esto es:

$$Q_{10} = (K_2/K_1)^{(10/t_2-1)}$$

Donde K_1 y K_2 representan la tasa metabólica a dos diferentes temperaturas (t_1 y t_2) (Hill, 1980; Knut, 1990). El Q_{10} se determinó para grupos de temperatura consecutivos (10° - 13°C , 13° - 15°C , 15° - 17°C , 17° - 20°C y 20° - 22°C).

3.- Crecimiento.

El crecimiento, definido en base a la longitud total del cefalotórax por muda, se obtuvo midiendo antes y después de la ecdisis. Se calculó el aumento de tamaño que se calculó para un intervalo total de tallas de 12 a 26 mm, a intervalos de 2 mm. El análisis se hizo utilizando el resultado de la substracción de la longitud del organismo recién mudado y la longitud de la muda. Se estimó el crecimiento mínimo, promedio y máximo por grupo de tallas y sexo, lo que permitió trazar la curva de crecimiento durante el periodo de cautiverio.

4.- Sobrevivencia.

Para determinar si la tasa de mortalidad correspondía de manera proporcional a la distribución de tallas inicial (Normal) para cada sexo, se analizó la mortalidad de las langostillas por tallas, mediante un seguimiento semanal se contrastó la distribución de tallas de las langostillas sobrevivientes al iniciar cada semana, con la distribución de las muertas, al finalizar esa misma semana.

Se determinó la tasa de mortalidad de las langostillas por sexos usando el índice de mortalidad descrito por Margalef (1980):

$$M = \frac{N_1 - N_m}{N_1}$$

Donde M = Tasa de mortalidad

N_1 = Número de individuos sobrevivientes al inicio de la semana.

N_m = Número de individuos muertos durante la semana.

Con los valores de sobrevivencia en cada fase para cada sexo se obtuvo la sobrevivencia promedio desde el inicio hasta la decimo segunda semana (en donde el total de las hembras murió) y se aplicaron las pruebas de "t Student" y análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas entre sexos.

RESULTADOS.

I.- CONSUMO DE OXIGENO DISUELTO.

Se analizó el consumo de oxígeno de una muestra de 180 langostillas con pesos húmedos comprendidos entre 3.21 y 7.34 g (4.30 ± 0.801 g). El consumo fue constante e independiente de la saturación de oxígeno durante el experimento a excepción del consumo a 22 °C. La Figura 3, muestra la disminución de oxígeno disuelto con respecto al tiempo, en los respirómetros conteniendo langostillas a seis temperaturas experimentales.

La regresión lineal proporcionó la mejor relación entre oxígeno disuelto y tiempo (intervalo de los coeficientes de correlación). En la Tabla I se muestran los promedios de los interceptos (a) y las pendientes (b) de las regresiones del oxígeno disuelto contra el tiempo, para las seis temperaturas experimentales y tres salinidades.

Se encontró que existe una relación exponencial entre el consumo de oxígeno y la temperatura ($P < 0.05$).

A su vez, el análisis de varianza indicó que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre el consumo de oxígeno de las langostillas dentro de los intervalos 10 - 15 ° C; 15 - 17 ° C; y 17 - 20 ° C a 35 ppm respectivamente (Fig. 4).

Sin embargo, se observó que la langostilla presentó frecuentes periodos de apnea a 10 °C, además de aletargamiento durante la evaluación experimental de 120 min. Así mismo, a 20 ° C , se detectó una conducta similar, pero en periodos cortos (± 5 min).

Por otro lado en la Figura 3 (f), se observa que la velocidad de consumo de oxígeno a 22 ° C se incrementó, mostrando diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás intervalos de temperatura (10 - 15; 15 - 17 y 17 - 20 ° C)(Fig.3a-e). Esto permitió determinar el punto crítico o límite incipiente letal del organismo, a una saturación de 1.8 mgO₂/l (Fig 5).

De la figura 5, es evidente que a 22 °C, el consumo de oxígeno de *P. planipes* no mantuvo la misma velocidad a concentraciones de oxígeno disuelto menores de ± 1.8 mg/l.

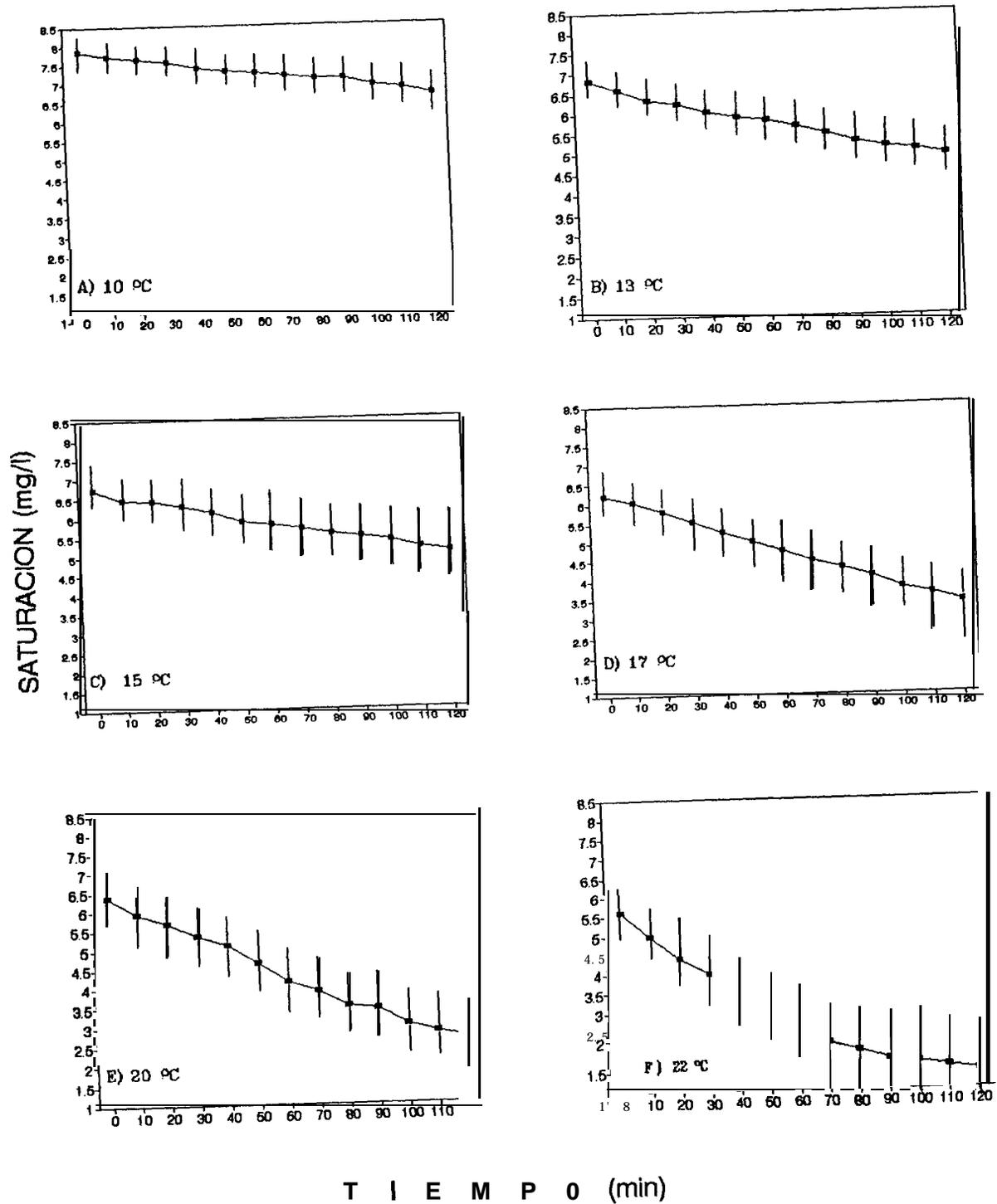


Figura 3 Velocidad de consumo de oxígeno (mg/l) de la langostilla *Pleuroncodes planipes* en función de la temperatura. Las líneas verticales representan la desviación estandar de la media.

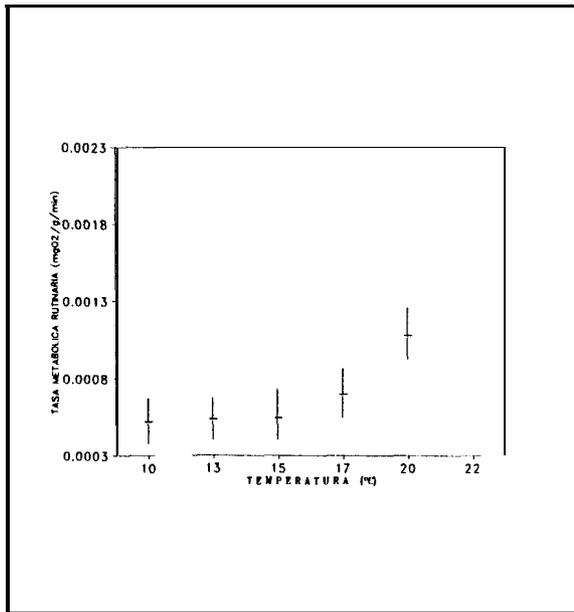


Figura 4 Metabolismo de rutina de *Pleuroncodes planipes* en función de la temperatura.

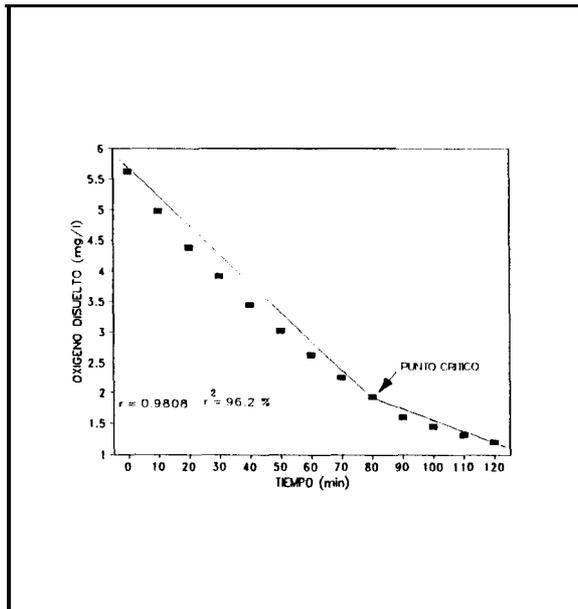


Figura 5 Velocidad de consumo de oxígeno disuelto a 22°C de la langostilla *Pleuroncodes planipes*

A partir del momento en que la saturación de O_2 llegó a esa concentración, las langostillas mostraron una conducta irregular, manteniéndose con los pereiódos hacia arriba durante todo el tiempo, hasta después de la primera mitad del periodo de recuperación (cuando se restablecía la concentración de CO_2 , aproximadamente 45 min).

II.- TASA METABOLICA RUTINARIA.

2.1.- EFECTO DE LA TEMPERATURA.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas de consumo de oxígeno de la langostilla entre el intervalo de temperaturas de 10 a 15 y de 15 a 20 °C manteniendo la salinidad constante (35 ppm), la tasa de consumo individual se caracterizó por ser muy variable, lo que resultó en una desviación estandar alta (Tabla II).

El análisis de medianas, con cajas de muesca indicó claramente diferencias significativas en el consumo de oxígeno entre las langostillas mantenidas a 10 - 17, 17 - 20 y 22 °C (Fig. 6).

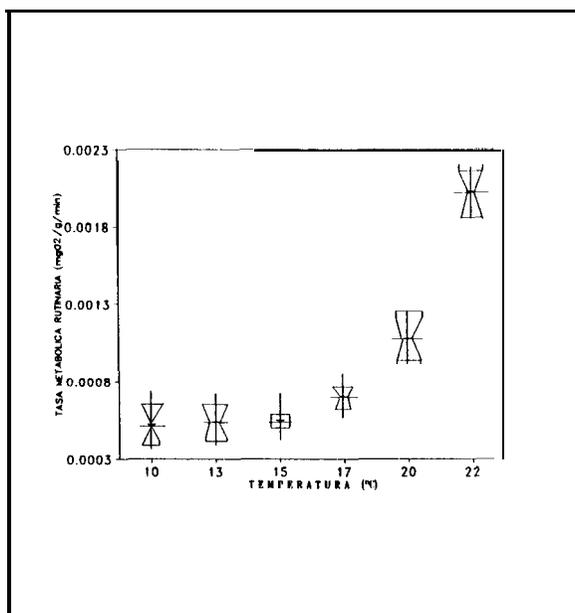


Figura 6 Diagrama de cajas con muesca de las Medianas del metabolismo de rutina en función de la temperatura

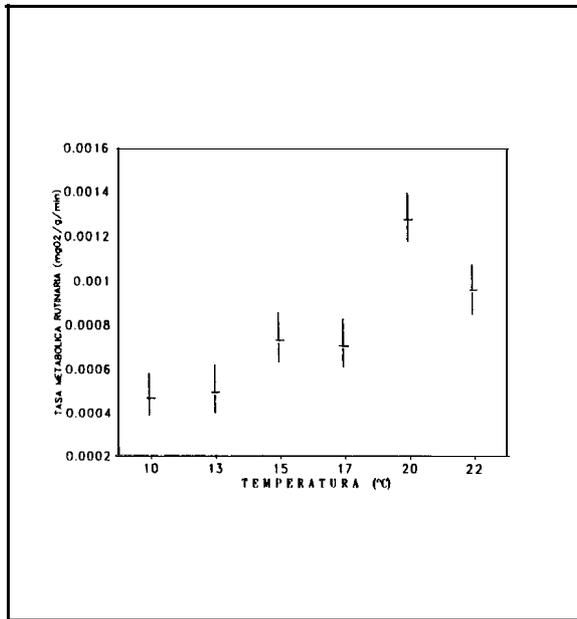


Figura 7 Metabolismo de rutina de *Pleuroncodes planipes* en función de la temperatura con la salinidad constante (25 ppm).

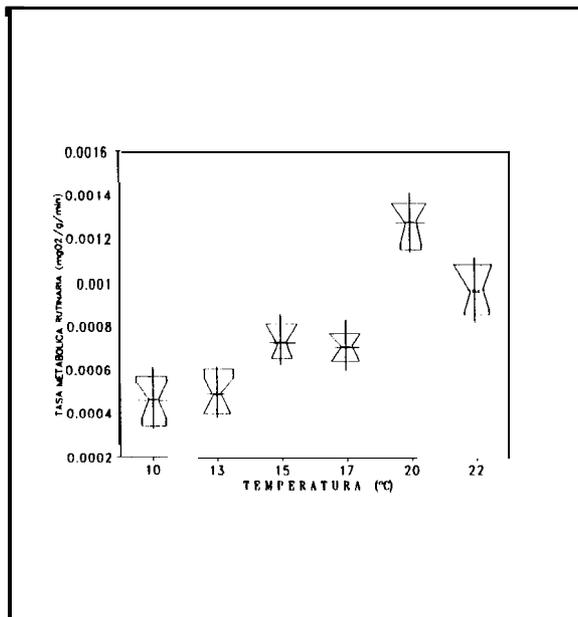


Figura 8 Diagrama de cajas con muesca de las medianas metabolismo de rutina en función de la temperatura y a una salinidad constante (25 ppm).

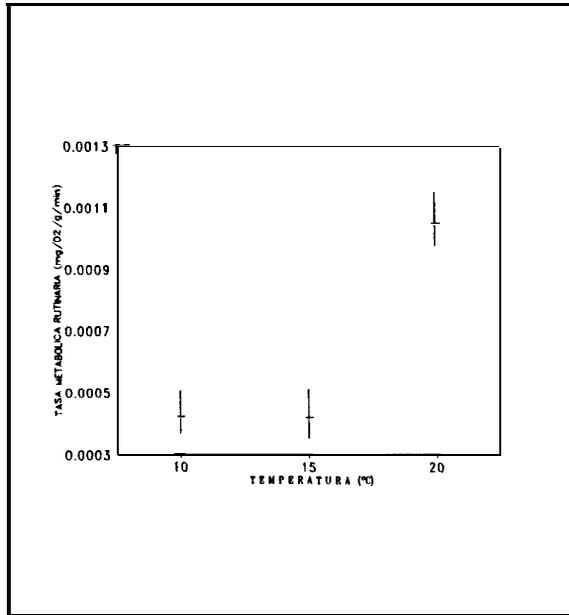


Figura 9 Metabolismo de rutina de *Pleuroncodes planipes* en función de la temperatura a 45 ppm.

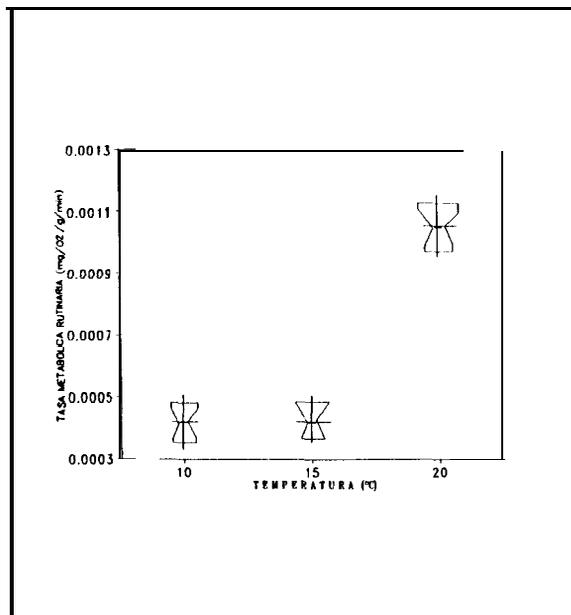


Figura 10 Diagrama de cajas con muesca de las medianas metabolismo de rutina en función de la temperatura a una salinidad constante (45 ppm)

A una salinidad de 25 ppm, el análisis de varianza (Fig. 7; Tabla II) muestra que no existen diferencias significativas, entre los 10 y 17° C. Lo mismo ocurre a 15°, 17° y 22° C. Sin embargo, a 20° C, el metabolismo se incrementó muy por encima de lo observado en los intervalos anteriores mostrando diferencias significativas ($P < 0.05$).

Por otro lado, los resultados obtenidos a través del análisis de medianas son similares a los obtenidos a 35 ppm, aunque en contraste con éste, se puede observar que entre 10° y 15° C, existen ligeras diferencias aunque no significativas (Fig. 8). No se presentaron diferencias metabólicas entre 15°-17° C. El tratamiento a 20° C presentó la tasa metabólica más alta a esta salinidad ($P < 0.05$). No obstante, el consumo de O₂ rutinario obtenido a 22 °C es relativamente igual de bajo que a 15 y 17 °C probablemente, debido al estrés, que hace que el organismo reduzca su demanda metabólica al mínimo para poder sobrevivir, es posible que en realidad se haya evaluado el metabolismo basal, y no el rutinario (Fig. 8)

A una salinidad de 45 ppm solamente se determinó el efecto de tres temperaturas (10°, 15° y 20° C) en el consumo de oxígeno de la langostilla. El análisis de varianza mostró que entre 10° y 15° C no existen diferencias en el metabolismo rutinario. Sin embargo, a 20° C la tasa metabólica aumentó significativamente (Fig. 9). El análisis de medianas corroboró estos resultados (Fig. 10; Tabla II).

2.1.1 - ESTIMACION DEL COEFICIENTE TERMICO (Q_{10}).

Las estimaciones del coeficiente térmico (Q_{10}) en *Pleuroncodes planipes* para las temperaturas experimentales es mostrada en la Tabla III y en la Figura 11. A la salinidad de 25 ppm, los valores de Q_{10} no mostraron un patrón definido con respecto a la temperatura. Este comportamiento, pudo ser el resultado del estrés sobre la langostilla al cambio de salinidad, aumentando su sensibilidad a variaciones en la temperatura.

Por otro lado, a la salinidad de 35 ppm, los valores de Q_{10} mantuvieron una tendencia ascendente en función del incremento de temperatura (Fig. 11), donde los

valores calculados más altos fueron de 8.68 y 8.37 para los intervalos de 17 a 20 °C y 20 a 22°C respectivamente, siendo éstas las temperaturas experimentales más altas. De aquí se infiere que la capacidad de tolerancia de la langostilla disminuyó conforme aumentó la temperatura.

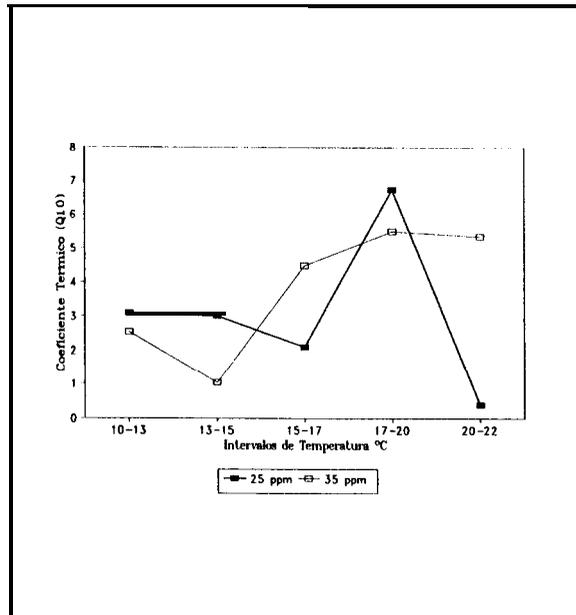


Figura 1 1 Valores del coeficiente térmico para *Pleuroncodes planipes* a diferentes intervalos de temperaturas.

2.- EFECTO DE LA SALINIDAD.

La relación entre la salinidad y el consumo de oxígeno a diferentes temperaturas experimentales se presenta en la figura 12. No se observaron diferencias significativas entre las pendientes, para cada una de las tres salinidades experimentales. Por otro lado, el metabolismo de rutina fue ligeramente mayor a 25 ppm en comparación con las salinidades de 35 y 45 ppm, aunque las diferencias no fueron significativas ($P > 0.05$) (Fig. 13).

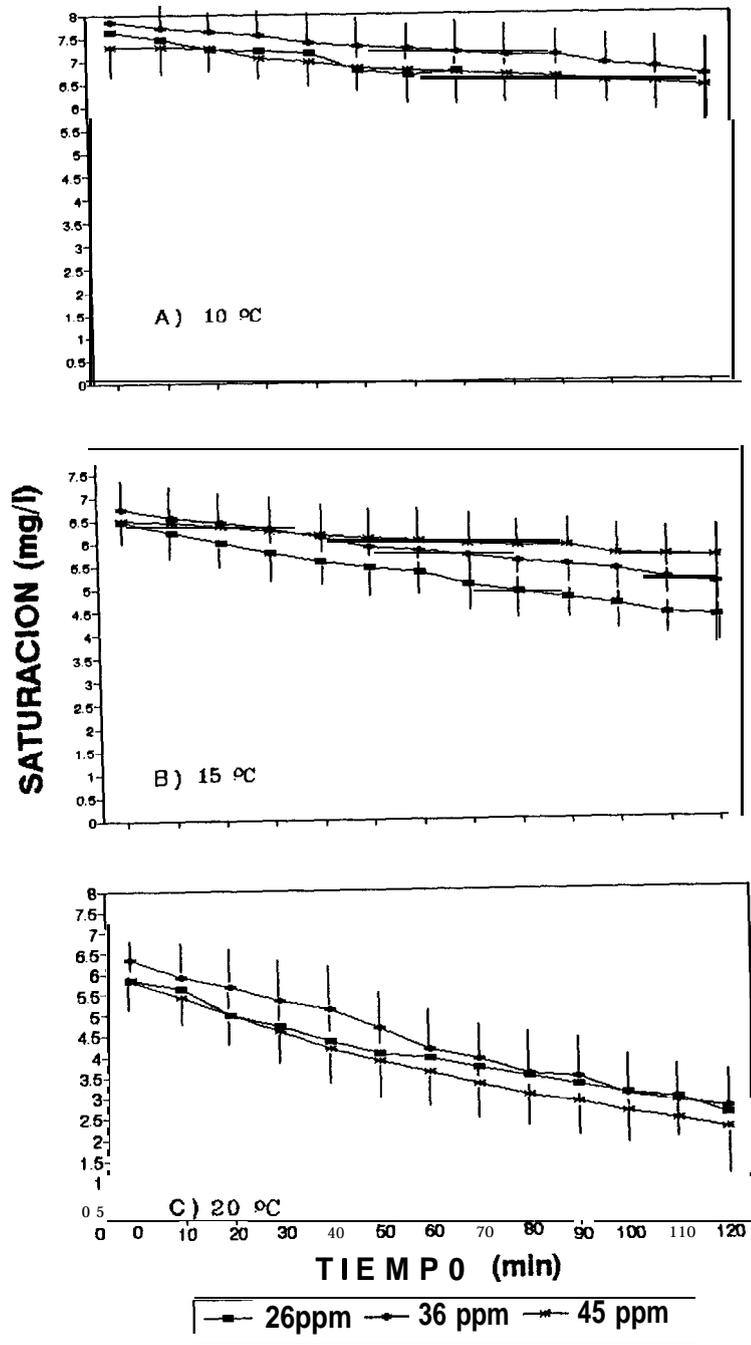


Figura 12 Velocidad de disminución en la saturación de oxígeno disuelto de acuerdo a la salinidad, y temperaturas de A) 10 °C, B) 15 °C y C) 20 °C. Las líneas verticales representan la desviación estandar de la media.

2.2.1.- EFECTO COMBINADO DE TEMPERATURA Y LA SALINIDAD.

Los valores promedio de consumo de oxígeno en función de la salinidad y la temperatura se presentan la Tabla II, el valor más alto en el consumo de oxígeno, correspondió a la combinación de 20 °C de temperatura y 45 ppm de salinidad respectivamente. Contrariamente, el valor mínimo de consumo de obtuvo a la combinación de temperatura y salinidad más bajas (10 °C y 25 ppm).

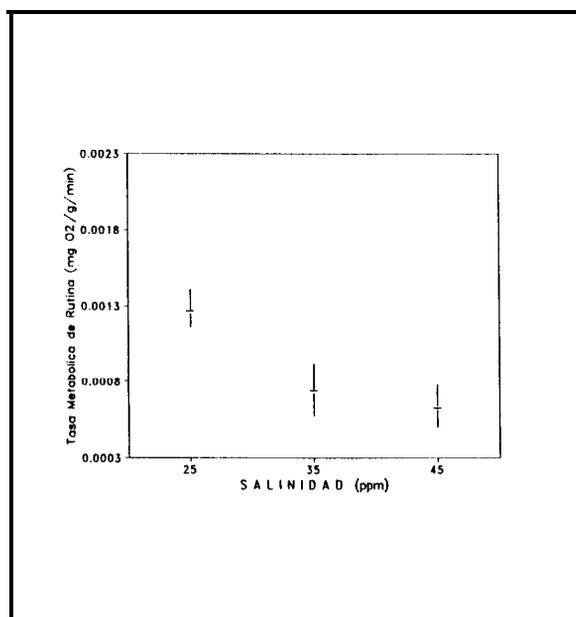


Figura 13 Promedio del metabolismo de rutina de *Pleuroncodes planipes* en función de la Salinidad

En la Figura 14, el metabolismo de rutina se incrementó en función de la temperatura a partir de los 15 °C en los experimentos realizados con salinidades de 25, 35 y 45 ppm. A la salinidad de 25 ppm, a los 22 °C existe una disminución del consumo relacionada posiblemente con un mecanismo de respuesta al estrés.

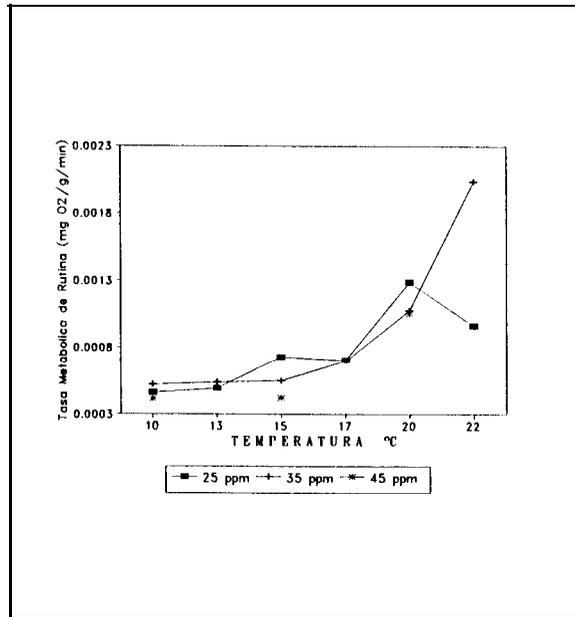


Figura 14 Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en el metabolismo rutinario

III.- METABOLISMO RUTINARIO EN FUNCION DEL SEXO Y CONDICION REPRODUCTIVA.

3.1.- CONSUMO DE OXIGENO.

De manera general, el consumo de oxígeno de las hembras no ovígeras fue menor que el de las hembras ovígeras y los machos (Tabla IV; Fig. 15). Sin embargo, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre sexos y condición reproductiva ($P > 0.05$) (Fig. 16).

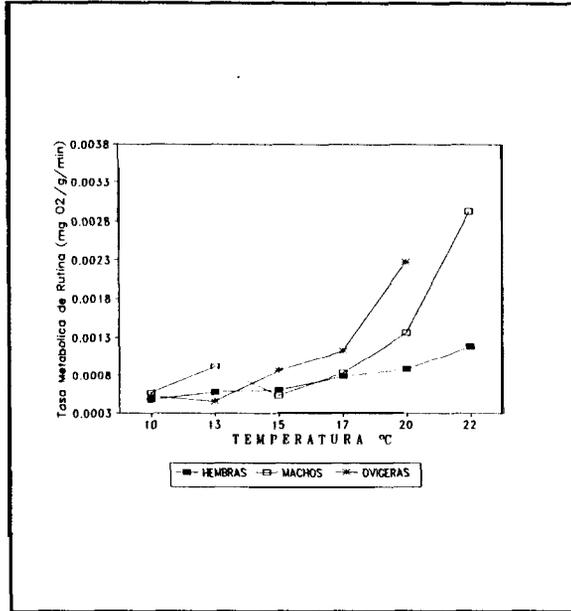


Figura 15 Metabolismo rutinario de hembras no ovígeras, hembras ovígeras y machos de *Pleuroncodes planipes* en función de la temperatura.

3.2.- EFECTO DE LA TEMPERATURA.

Se puede observar en la Figura 14 que el metabolismo de rutina de la langostilla presentó una tendencia ascendente en función de la temperatura para todos los tratamientos experimentales, y donde los valores metabólicos más bajos fueron para las hembras no ovígeras los más altos para los machos.

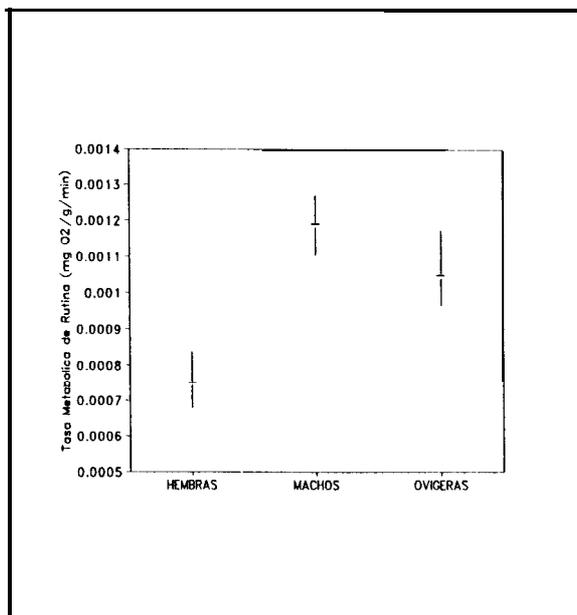


Figura 16 Análisis de varianza del metabolismo de rutina de la langostilla *Pleuroncodes planipes* en función del sexo la condición reproductiva (35 ppm)

Es evidente que la tolerancia al cambio de temperatura es mayor en las hembras no ovígeras, con el valor de Q_{10} más alto registrado en este experimento (4.32) en el intervalo de 20 a 22 °C de temperatura a 35 ppm de salinidad (Tabla III; Fig. 17A). Por otro lado, las hembras ovígeras son aparentemente poco tolerantes a los cambios térmicos por arriba de los 15 °C, registrándose un valor máximo de Q_{10} de 10.38 para el intervalo de 17 a 20 °C (Fig 17B) a 25 ppm.

De manera similar, los machos son poco tolerantes a los cambios en la temperatura (Fig. 17C). En la Tabla III se observa que, dentro del intervalo de 13 a 15 °C, el organismo se adapta al cambio de temperatura, pero por arriba y por debajo de este intervalo los machos muestran dificultad para adaptarse registrando valores de Q_{10} por arriba de 5.

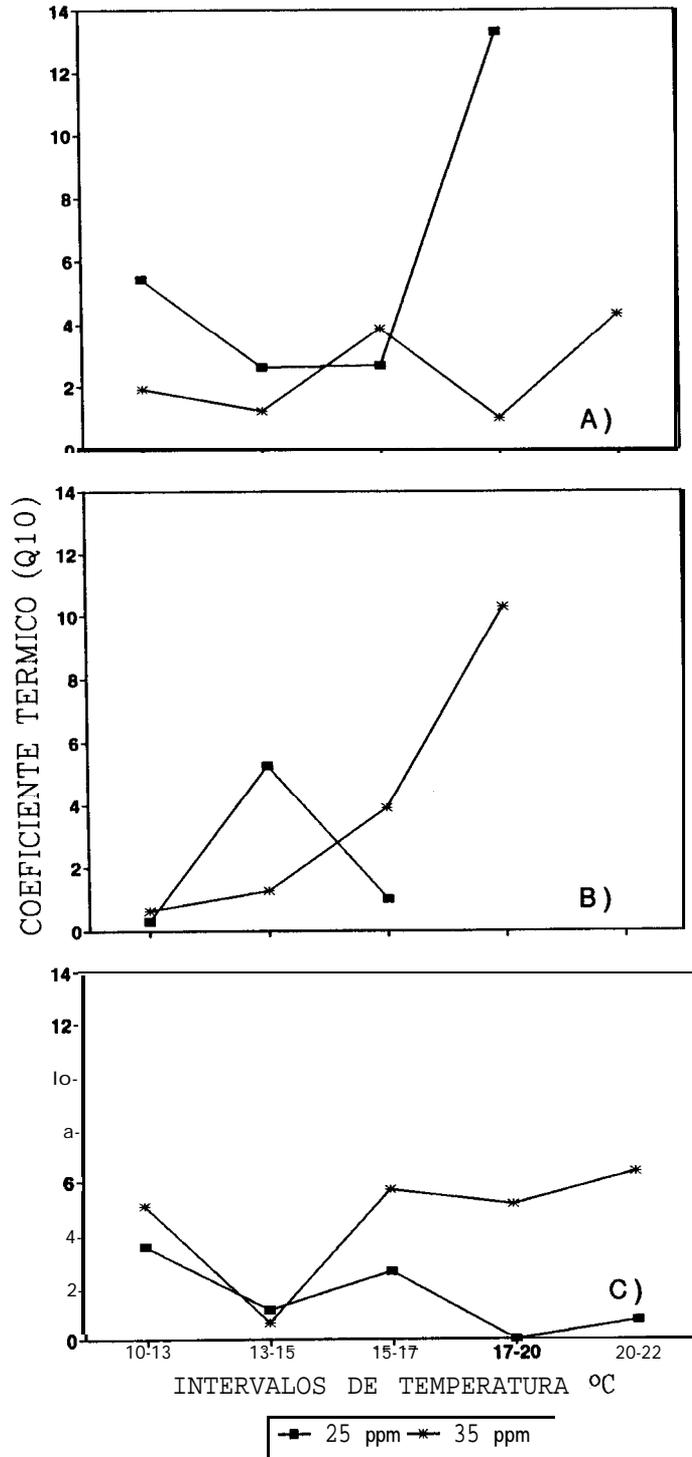


Figura 17 Tolerancia a los cambios de temperatura de la langostilla *Pleuroncodes planipes*. A) hembras, B) hembras ovígeras y C) machos.

Los machos presentaron un pico de mortalidad durante las dos semanas de aclimatación. La mortalidad de machos ocurrió de forma gradual hasta alcanzar la semana 23 de cautiverio.

Por otro lado durante la aclimatación hubo una relación directa entre la tasa de mortalidad y la longitud de los organismos, específicamente para tallas mayores a 26 mm, independientemente del sexo (Fig.20).

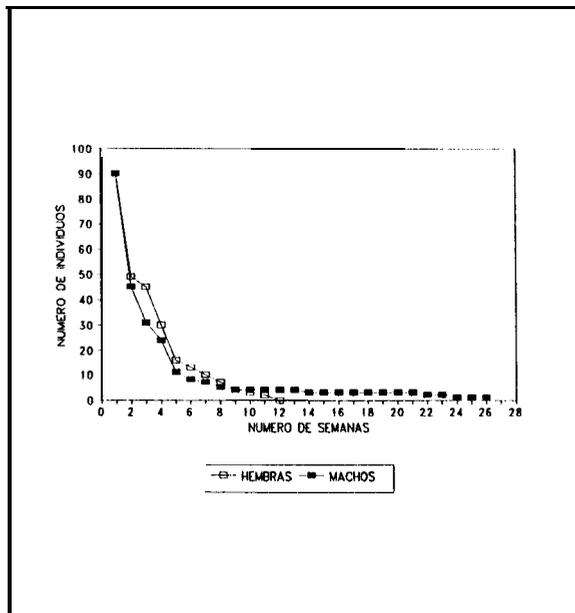


Figura 19 Curva de sobrevivencia de las hembras y machos de *Pleuroncodes planipes* en condiciones de laboratorio.

Los resultados no mostraron una tendencia de incremento de mortalidad hacia una talla en particular donde esta fué independiente del número de individuos dentro de cada intervalo de talla.

El análisis de varianza y la prueba de "t" no indicaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el patron de mortalidad por tallas en machos y de hembras durante el cautiverio.

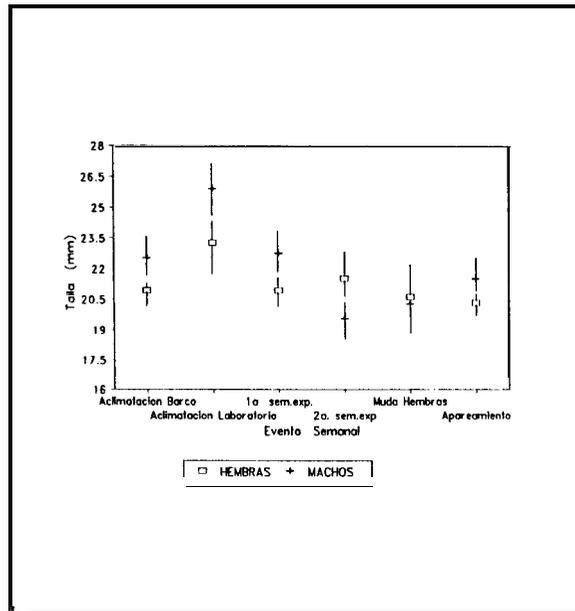


Figura 20 Tallas promedio de individuos muertos y su relación con eventos semanales en condiciones de laboratorio.

V.- CRECIMIENTO EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

Con las 39 mudas identificadas y sexadas, se realizó una estimación del crecimiento mínimo, promedio y máximo, de la langostilla en condiciones de laboratorio (Tabla VIII).

Los resultados mostraron un crecimiento máximo de 2.2 mm en el intervalo de tallas de 10 a 14.9 mm. Se notó además, que conforme la langostilla tuvo un mayor tamaño (25 a 29.9 mm), su crecimiento fue menor, disminuyendo hasta en un 63.4 %, con respecto al crecimiento observado en tallas menores

La gráfica 21 (a y b) muestra que la sobrevivencia de las hembras y los machos en condiciones de cautiverio.

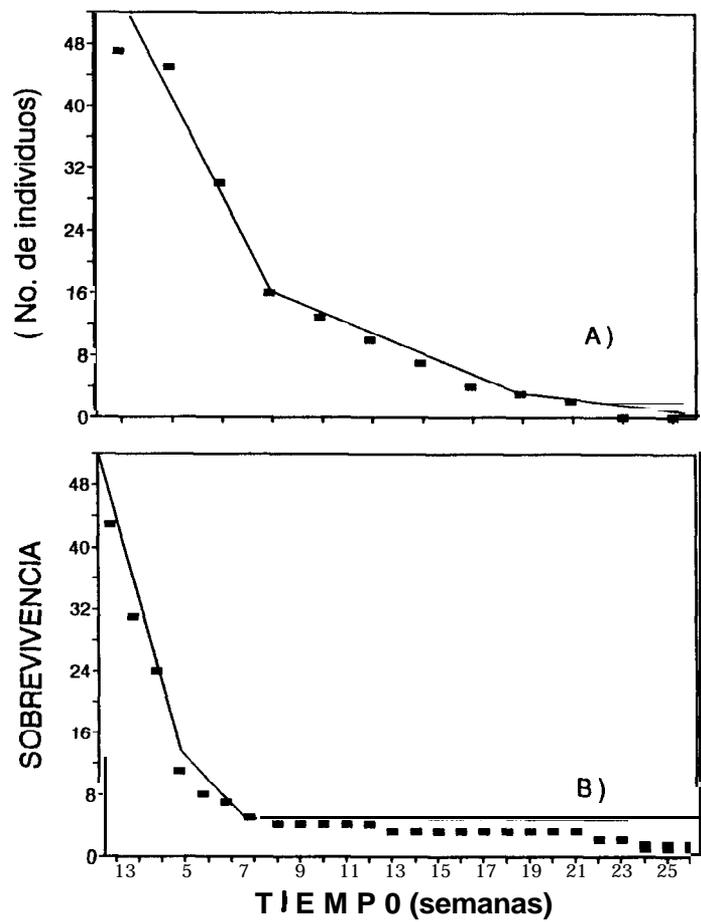


Figura 21 Curva de sobrevivencia de la langostilla en función del tiempo (A) Hembras, B) Machos).

Los machos presentaron un crecimiento promedio de 1.91 mm a lo largo de los seis meses de cautiverio, mientras que las hembras de 1.54 mm. Estos resultados son similares a los datos de Boyd (1962) para *P. planipes*, en condiciones de laboratorio (Tabla VIII)

La Figura 23, muestra que es evidente el crecimiento lineal de la langostilla.

Se realizó una prueba de "t" para comparar el crecimiento de machos y hembras; el análisis no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$). A pesar de que las hembras presentaron dos periodos de muda en la misma etapa reproductiva, con una diferencia de 21 días entre ellas, los machos presentaron su primer muda hasta 98 días después su captura.

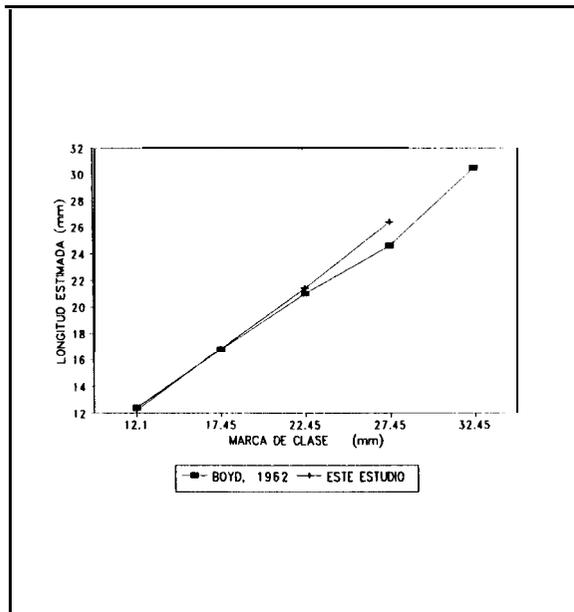


Figura 22 Crecimiento estimado de la langostilla en el laboratorio

VI. OBSERVACION INCIDENTAL DE UN APAREAMIENTO EN EL LABORATORIO.

El 23 de septiembre de 1991 (4a. semana de cautiverio), se observó el cortejo y la cópula de una pareja de langostillas. A las 9:00 a.m., un par de langostillas presentaron una conducta diferente a la que se había observado en semanas anteriores en estos crustáceos (“agresión” o jaloneo con las quelas, persecución y alimentación).

La pareja que posteriormente fueron identificadas como hembra y macho, se encontraba girando en torno a un eje, sujetadas de las quelas, en lo que parecía ser un ritual precopulatorio. Esta danza, en la que se soltaban y volvían a enlazarse con las quelas para girar, tuvo una duración de aproximadamente 10 minutos, a partir del momento en que se hizo la primera observación (Fig. 24A).

Pasado este tiempo, los animales dejaron de girar y aún unidos con las quelas, pegaban y retiraban verticalmente sus abdomenes, con movimientos hacia al frente y hacia atrás, hasta que finalmente quedaron completamente acoplados (Figs. 24B y 24C).

Después de 2 ó 3 minutos en esta posición, se soltaron y nadaron en sentido contrario uno del otro. Fue entonces, cuando se tuvo la oportunidad de sexar a estos individuos corroborando que se trataba de macho y hembra.

Dos semanas después de esta observación la hembra presentó los primeros indicios de una masa ovígera, la que desecho en el agua y se perdió durante la limpieza.

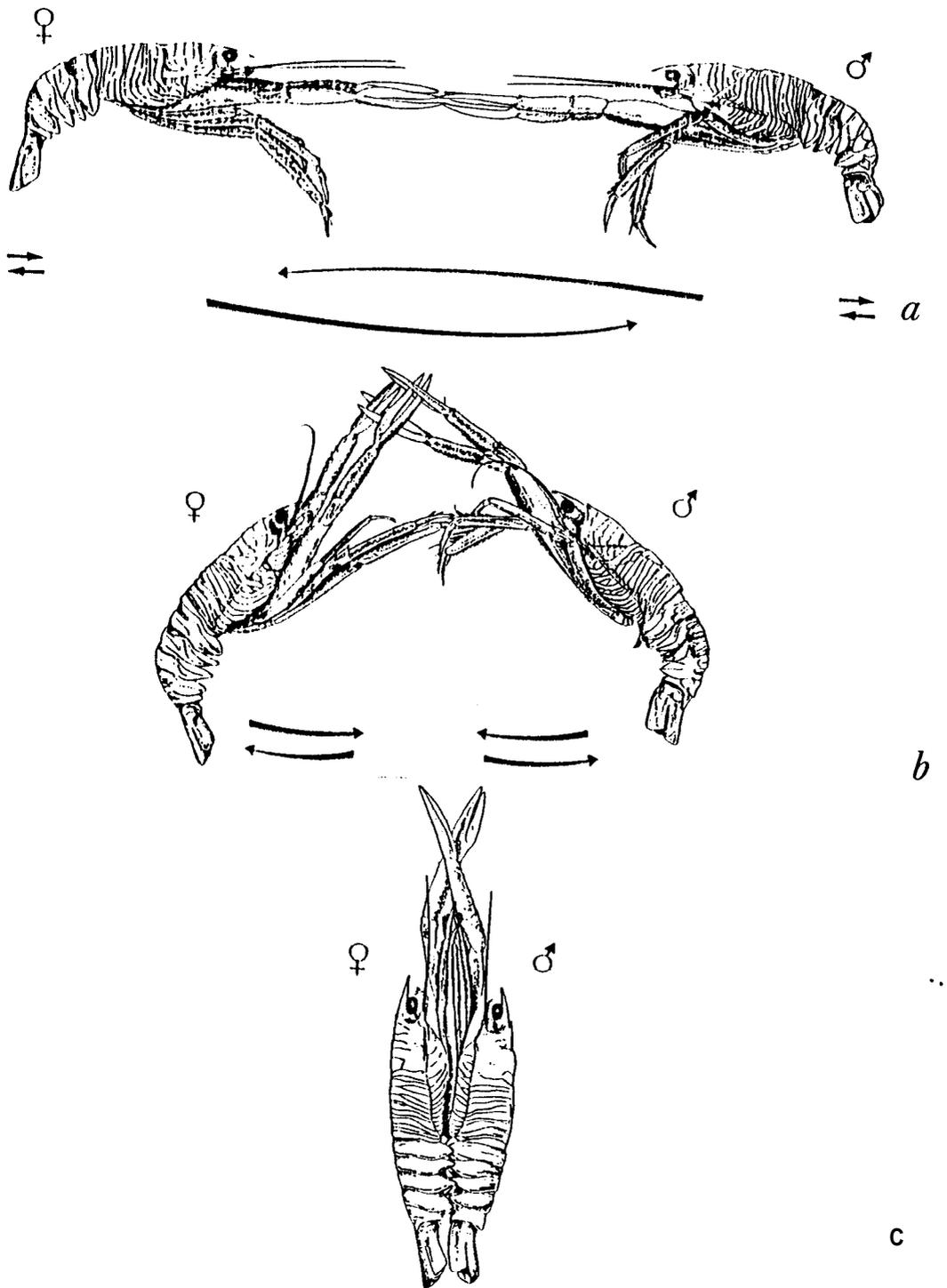


Figura 23 Cortejo de la langostilla *Pleuroncodes planipes*. A) girando en torno a un eje agarradas de las quelas; b) unidas de las quelas se columpian hacia adentro y hacia afuera verticalmente; C) Cópula.

ANALISIS

I.- ORGANISMOS EXPERIMENTALES

Los organismos capturados durante la colecta fueron de diversas tallas. Sin embargo, las langostillas utilizadas en las series experimentales fueron las sobrevivientes después de la aclimatación de tal manera que todos los organismos se encontraban aproximadamente en la misma etapa de desarrollo al realizar los experimentos.

Por otro lado, las hembras con clara evidencia de gravidez fueron separadas del resto del grupo, así como aquellas que mostraban indicios de muda, es decir, cambios de coloración y/o de conducta. Esto permitió realizar evaluaciones de la tasa metabólica en individuos en el mismo estado fisiológico.

La ambientación del local donde permanecieron los organismos experimentales se mantuvo sin alteraciones. La calidad y la cantidad del alimento proporcionado a las langostillas aparentemente mostró ser el adecuado para el crecimiento y sobrevivencia en el laboratorio, por lo que los aspectos nutricionales y ambientales posiblemente no ejercieron efecto en los resultados obtenidos.

II.- DISEÑO EXPERIMENTAL.

El uso de cámaras de tipo abierto probó ser un sistema práctico para la medición del consumo de oxígeno, ya que los resultados fueron consistentes y de fácil reproducción en toda la serie experimental.

Se emplearon controles o blancos, que permitieron estimar el consumo de oxígeno por microorganismos (Sutcliffe *et al.*, 1975; Scelzo y Zúñiga, 1987), así como otros factores externos al consumo de oxígeno de la langostilla, como el consumo del electrodo. De esta forma, utilizando el ajuste de una regresión lineal entre la concentración de oxígeno disuelto y tiempo, se determinó la tasa de consumo de oxígeno obteniendo una mejor estimación de los requerimientos metabólicos de la

especie (Villarreal, 1990; Rivera, 1992; Villarreal y Rivera, 1993). El consumo del blanco en este sistema fue de aproximadamente 6% del consumo total de oxígeno, porcentaje similar al calculado por Villarreal (1990) para evaluar el consumo de oxígeno del acocil *Cherax tenumanus* (Decapoda: Parastacidae) en un sistema cerrado.

III.- TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.

Las temperaturas experimentales seleccionadas tuvieron como finalidad encontrar el intervalo de tolerancia a la temperatura de la langostilla y el óptimo desde el punto de vista metabólico. Para ello se tomaron en cuenta reportes de la literatura referentes a captura y abundancia de la langostilla, la que puede ser encontrada desde los 9 hasta los 27°C (Glynn, 1961; Boyd, 1967; Longhurst, 1967; Blackburn y Thorne, 1974; Kato, 1974; Guzmán y Aurióles, 1992), con una mayor abundancia entre 13 y 16° C (Aurióles, '1992).

Por otro lado, las salinidades seleccionadas tuvieron la finalidad de definir los efectos de este parámetro sobre el metabolismo de la langostilla, así como la eficiencia de adaptación de ésta. Cabe señalar, que el ecosistema en que habita la langostilla no presenta cambios significativos en la salinidad (Hernández, *comunic. pers.*).

IV.- RELACION DEL NIVEL DE OXIGENO DISUELTO Y SU CONSUMO DE OXIGENO.

El oxígeno disuelto es el limitante metabólico más importante para los organismos, debido a que las reacciones bioquímicas que ocurren en éstos son controladas por el nivel de saturación de este gas, el cual es esencial para el metabolismo aeróbico (Neill, 1989). En muchos casos la cantidad de oxígeno a disposición de los organismos determina su distribución ecológica y sobrevivencia (Prosser y Brown, 1968).

La tasa de consumo de oxígeno de la langostilla es comparable a la de otros galateidos como es el caso *M. quadrispina* que puede encontrarse en áreas con diversas concentraciones de oxígeno disuelto (0.1-o. 15 ml/l), donde no pueden habitar

otras especies de invertebrados (Quetin y Childress, 1976; Levings, 1980; Burd y Brinkhurst, 1984).

El consumo de oxígeno disuelto fue constante e independiente de la saturación de oxígeno durante la prueba experimental con la excepción del consumo a 22 °C, en donde se evidenció un punto crítico o límite incipiente letal para la especie alrededor de 0.6 mg O₂/l de saturación. En los galateidos *M. sarsi* y *M. rugosa*, se reportó un efecto similar en temperaturas mayores a los 20 °C, cuando estos crustáceos están expuestos por más de dos horas, observándose una declinación progresiva de la tasa respiratoria, que culminó con la muerte después de prolongada exposición (Zainal et al., 1992).

Quetin y Childress (1976) reportan que la langostilla es capaz de realizar sus funciones vitales (crecimiento, reproducción, alimentación, etc.) eficientemente hasta en concentraciones menores a 0.1 mg/O₂/l. Sin embargo, esto solo es posible dentro de su intervalo óptimo de temperatura. Este resultado muestra que la temperatura es el factor más importante que influye directamente en la distribución y abundancia de la langostilla en las costas de Baja California Sur.

La disminución en la tasa de consumo de oxígeno registrada, así como el aletargamiento observado durante todo el experimento a la temperatura de 10 °C, fue ocasionado por la disminución del ritmo metabólico. Una respuesta similar fue observada en los galateidos *M. sarsi*, *M. rugosa*, y *M. quadrispina*, los cuales realizan migraciones diurnas, desplazándose desde el fondo marino, donde la concentración de oxígeno disuelto es pobre y las temperaturas son bajas, hasta la superficie, donde las condiciones ambientales pueden llegar a ser completamente opuestas (Boyd, 1962; Longhurst, 1967; Burd y Brinkhurst, 1984; Zainal, et al. 1992).

Boyd (1962), concluye que este comportamiento metabólico es una medida adaptativa de la langostilla a los cambios físicos del medio, pudiendo mantenerse en la etapa de aletargamiento durante largo tiempo sobre el fondo marino (± 200 m). A altas presiones y temperaturas bajas, la langostilla disminuye su tasa respiratoria y por consiguiente su actividad metabólica. En el presente estudio se obtuvieron resultados que confirman esta aseveración, es decir, la langostilla puede habitar la zona bentónica

de las surgencias costeras, donde predominan las bajas concentraciones de oxígeno, por lo que casi no tiene competencia por espacio con otras especies, como es el caso de *M. quadrispina* (Levings, 1980; Burd y Brinkhurst, 1984).

V.- EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA TASA METABOLICA RUTINARIA.

La tasa metabólica, o el consumo de oxígeno de un organismo, dependen de muchos factores externos, entre los cuales puede destacarse la presión de oxígeno y CO₂, la temperatura y, en las formas acuáticas, la concentración de sales en el medio.

La temperatura es un factor ambiental determinante de la tasa metabólica en los invertebrados marinos (Leffler, 1972; Kinne, 1977; Armitage y Wall, 1982), debido a que las variaciones de temperatura en el océano son bajas y normalmente estables, los organismos marinos parecen tener una limitada capacidad adaptativa a cualquier aumento o disminución de ésta (Bartholomew, 1979).

En contraste, existen muchos organismos marinos poiquiloterms que están expuestos a prolongados cambios de temperaturas, y que son capaces de realizar ajustes en su tasa metabólica. Estas compensaciones (aclimatación termal), usualmente se consideran adaptativas, dotando a los organismos con un grado de independencia ambiental (Prosser y Brown, 1968).

Se ha podido establecer que la mayoría de los poiquiloterms sobreviven solamente dentro de un intervalo de temperatura y generalmente los cambios de temperatura externos dan como resultado un cambio en la tasa de consumo de oxígeno de los mismos.

Se encontró en este estudio que existe una relación directa entre el consumo de oxígeno y la temperatura. Esta relación ha sido registrada previamente para otros galateidos, como es el caso de *P. monodon*, *M. quadrispina*, *M. sarsi* y *M. rugosa* (Orellana y Escoto, 1981; Burd y Brinkhurst, 1984; Zainal, et al. 1992) y de otros decápodos como por ejemplo *Palaemonetes vulgaris* (McFarland y Pickens, 1965); *Ponopeus herbstii* (Dimock y Groves, 1975; Hart, 1980) y *Panaeus californiensis* (Villarreal y Rivera, 1993).

El consumo de oxígeno a 10 °C fue muy bajo, con respecto a las otras temperaturas, debido quizá a que esta temperatura se encuentra fuera del intervalo óptimo de la especie determinado anteriormente. Por otra parte, a 20 y a 22°C el consumo de oxígeno de la langostilla varió en forma considerable en relación a los valores dentro del intervalo 13 -17°C. Esto quizá se deba a que dentro de las cámaras experimentales el gasto energético que realizó la langostilla a 20 y a 22°C fue principalmente para mantener su metabolismo estandar y permanecer vivo bajo estas condiciones. Bowler (1963) detectó una disminución en la habilidad metabólica, y reguladora de iones en otro crustáceo *Astacus pallipes* a temperaturas fuera de su intervalo óptimo, afectando la capacidad adaptativa de los mismos.

En el caso de la langostilla en su fase bentónica se observa un intervalo de temperatura (13 a 17°C) en el que no hay un cambio significativo en la tasa de consumo de oxígeno.

Este intervalo de temperatura, donde se observa una estabilidad metabólica es similar al intervalo de temperatura donde se ha capturado con mayor abundancia este crustáceo en la plataforma continental de la costa occidental de Baja California Sur (Auriolles, 1992). Por tanto, se concluye que el intervalo de temperatura donde la langostilla es más eficiente metabólicamente, se encuentra comprendido entre los 13 y 17°C.

VI.- COEFICIENTE TERMICO (Q_{10}).

En este estudio los valores de Q_{10} , para los intervalos de 17-20° y 20-22°C a 35 ppm, presentaron valores muy altos. Esto puede estar relacionado con: 1) El tiempo de aclimatación del organismo a las condiciones experimentales y 2) el cambio en la actividad rutinaria dentro del respirómetro, que modifica su tasa metabólica. Por otro lado, a 17-20°C, 20-22°C de temperatura y a una salinidad de 25 ppm, el valor de Q_{10} es muy alto. Esto parece indicar una alta sensibilidad de la langostilla a las variaciones de temperatura, en concentraciones salinas diferentes a las de su habitat natural, lo que se traduce en una inadecuada capacidad reguladora dentro de este

intervalo (Wolvekamp y Waterman, 1960; Zúñiga *et al.*, 1982).

Por otro lado, fuera de estos casos extremos, se presentan valores similares a los publicados en la literatura para este crustáceo, lo cual sugiere una aparente euritermia (Schlieper, 1971).

Debido a que el ciclo de vida de *P. planipes* está en función de gradientes térmicos, es posible sugerir que este crustáceo no ha desarrollado una gran capacidad adaptativa a variaciones en la temperatura, lo que explica las migraciones batimétricas y latitudinales a lo largo del año, cuando las condiciones de su medio natural se ven alteradas por algún fenómeno climático.

Resultados de estudios similares con *P. planipes* muestran valores de Q_{10} que no exceden de 3.5 a temperaturas mayores de 20°C. Los altos valores de Q_{10} obtenidos en este estudio, son similares a los obtenidos para las especies *M. sarsi* y *M. rugosa*, a esas mismas temperaturas, resultado del estrés a la alta temperatura al que estuvieron sometidos los animales (Boyd, 1962; Quetin y Childress, 1976; Zainal *et al.* 1992).

VII.- EFECTO DE LA SALINIDAD EN LA TASA METABOLICA DE RUTINA.

La población de langostilla de la plataforma continental de la costa occidental de Baja California Sur, nunca está expuesta a cambios de salinidad bruscos (Hernández *comunic. pers.*). A pesar de esto, en condiciones de laboratorio la salinidad no alteró el consumo de oxígeno de los organismos como lo hizo la temperatura. Los resultados indican que existió un ligero aumento en el metabolismo de rutina del crustáceo al disminuir la concentración salina (25 ppm), sin embargo, en condiciones naturales la langostilla *Pleuroncodes planipes* nunca se encuentra en estas condiciones de salinidad.

De acuerdo con Kinne (1977), la tasa de consumo de oxígeno en los organismos eurihalinos puede incrementarse a salinidades por debajo de los niveles normales y decrecer a salinidades superiores. Por otro lado, Lange *et al.* (1972) sugieren que la razón de que el consumo de oxígeno disminuya a elevadas salinidades

se debe a que también disminuye la presión parcial de dicho gas en el agua.

Sin embargo, algunos invertebrados marinos poseen una concentración osmótica de los líquidos corporales idéntica a la de las aguas circundantes marinas. Sus concentraciones internas son normalmente 95% producidas por los mismos iones inorgánicos que están presentes en el agua de mar, aunque las cantidades relativas de los diversos iones son distintas (White, 1979) .

Los resultados del presente trabajo, indican que la langostilla, en condiciones de laboratorio, aparentemente se comporta como un organismo eurihalino, tolerando grandes variaciones en las concentraciones salinas. Sin embargo, este grado de eurihalinidad varía considerablemente con el aumento de la temperatura.

VIII.- EFECTO COMBINADO DE LA TEMPERATURA Y LA SALINIDAD EN LA TASA METABOLICA RUTINARIA.

Los efectos de la combinación de temperatura y salinidad combinados en la respuesta metabólica de un gran número de invertebrados marinos ha sido discutida ampliamente por varios autores (Florkin 1960 y Lockwood 1968; Kinne, 1970, 1971; Vernberg y Vernberg, 1972; Moreira, et al., 1980; Sanz, 1984; Scelzo y Zúñiga, 1987; Yagi et al., 1990 y Villarreal y Rivera, 1993), analizando con especial atención el efecto de ambos factores en la tasa respiratoria de algunos crustáceos.

Aunque los resultados estadísticos obtenidos en el presente estudio muestran una interacción significativa entre la temperatura y la salinidad, la cual da como resultado una alteración en el ritmo respiratorio de la langostilla, el efecto de la temperatura es mucho más marcado.

La tasa de consumo de oxígeno presentó la misma tendencia para todas las salinidades, es decir, se incrementó en función de la temperatura. Así mismo, se observó un intervalo de temperatura entre 13 y 17 °C, en el cual la tasa de consumo de oxígeno fue similar para todas las salinidades, lo que apoya la idea de que estos valores de temperatura representan el intervalo óptimo de la especie.

Por otro lado, la capacidad de adaptación de la langostilla a variaciones en la

salinidad parece disminuir conforme decrece la concentración de sales (25 ppm). Adicionalmente, se considera que el efecto más notable de la salinidad en el metabolismo de rutina se expresa cuando la temperatura alcanza valores mayores a 20° C. Los altos valores de consumo de O₂, registrados a salinidades bajas y temperaturas altas pueden ser explicados por un incremento en el gasto de energía que el galateido es forzado a destinar para la osmorregulación y el transporte activo del exceso de moléculas de agua que entran a su cuerpo por difusión pasiva (Moreira et al., 1980). La respuesta metabólica en estas condiciones, quizá pueda atribuirse a que la especie no está expuesta a un amplio intervalo de variaciones en la concentración salina durante su ciclo de vida. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones detalladas relacionadas con el balance iónico y osmótico del organismo.

IX.- METABOLISMO DE RUTINA EN FUNCION DEL SEXO Y CONDICION REPRODUCTIVA.

En términos generales, el metabolismo de rutina no fue afectado significativamente por el sexo y/o la condición reproductiva de la langostilla. No obstante, la tasa respiratoria en hembras grávidas y machos fue ligeramente mayor en comparación con las hembras no ovígeras, que indica un gasto energético mayor para la reproducción.

Sin embargo, en los resultados de Q_{10} se aprecia una mayor tolerancia a los cambios térmicos en las hembras no ovígeras en comparación a los machos. Este resultado quizá pueda atribuirse al hecho de que las hembras realizan desplazamientos hacia zonas someras durante la reproducción (Boyd, 1967 y Serrano, 1991), lo que les ha permitido desarrollar una capacidad adaptativa a cambio de temperatura. Este fenómeno ha sido observado en hembras de otras especies de galateidos, como el langostino colorado *Pleuroncodes monodon* (Palma y Arana, 1990).

Los desplazamientos hacia la costa pueden deberse a que las hembras ovígeras buscan áreas con mayores afloramientos de plancton en zonas de surgencias costeras

(Longhurst, 1967; Blackburn, 1969), y de esta manera aseguran abundante alimento para sus larvas (Longhurst, 1968 y Gómez, 1990). Blackburn (1969) demostró que las langostillas presentan mayor abundancia en sitios donde los niveles de Clorofila "a" son altos, lo cual es una medida de abundancia de fitoplancton en la zona.

Por otro lado, la tasa metabólica relativamente más alta en los machos que en las 'hembras no ovígeras, puede tener explicación en el hecho de que estos se encontraban en proceso de gametogénesis como lo demuestran estudios histológicos (Rodríguez. *comunic. pers.*) Por tanto, se asume que gran parte de su energía era destinada para dicho proceso.

Así mismo, el metabolismo en las hembras ovígeras fue ligeramente mayor en comparación con las que no estaban en fase reproductiva. Esta diferencia puede también ser explicada desde el punto de vista energético, ya que las hembras grávidas invierten una gran proporción del total de energía en la formación de huevos. Este fenómeno ya ha sido documentado en otras especies de crustáceos (Sastry, 1983).

Se sabe que los huevos de los decápodos contienen proteínas y vesículas de lípidos esparcidas a través del citoplasma; la mayor proporción de lípidos son fosfolípidos y triglicéridos (Sastry, 1983). Morris (1973) informó que las hembras generalmente contienen niveles altos de fosfolípidos y triglicéridos. El esfuerzo reproductivo de las hembras de esta especie, es considerado alto en comparación con los machos, pues el gasto energético en producir espermatozoides es mínimo, e incluso despreciable comparado al esfuerzo invertido por las hembras (Hartnoll, 1985; Serrano, 1991). Por tanto, los resultados obtenidos muestran el estado fisiológico y el requerimiento energético de las langostillas durante el periodo reproductivo y son reflejados en las altas tasa metabólicas registradas.

X.- SOBREVIVENCIA EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

La alta mortalidad registrada durante la primera semana de mantenimiento se explica por las condiciones estresantes a las que estuvieron sometidas las langostillas durante su captura, por el cambio brusco de presión y temperatura que

experimentaron durante el arrastre desde aproximadamente 80 m de profundidad hasta la superficie con cambios de temperatura de 10 a 19°C respectivamente).

Según (Boyd, 1967; Longhurst, 1967; Auriolles, 1992), y a los resultados ya discutidos en esta investigación, se confirma que la distribución y abundancia de la langostilla del Pacífico están en gran medida determinadas por gradientes térmicos.

10.1 Tasa de sobrevivencia en función del sexo y la condición reproductiva.

Los resultados indican que la tasa de sobrevivencia entre ambos sexos mostraron diferencias significativas. No obstante, se observó que durante las diversas etapas de manejo que experimentaron las langostillas durante su confinamiento, la mortalidad fue diferente entre sexos.

En las dos primeras semanas después de su captura los machos sufrieron un 33 % de mortalidad, a diferencia de las hembras, de las que solo murieron el 23 % . Este resultado lleva a suponer que los machos son más vulnerables a los cambios de temperatura. Como se indicó antes, las hembras efectúan movimientos batimétricos y latitudinales en búsqueda de condiciones apropiadas para liberar sus huevos y, por tanto, son capaces de ajustar su ritmo metabólico en función de los cambios térmicos.

Con base en lo anterior, es posible explicar, de manera general, la segregación de sexos encontrada durante el invierno, donde la proporción de hembras aumenta a menor profundidad durante la temporada reproductiva en la costa occidental de Baja California Sur (Serrano, 1991). Orellana y Escoto (1981), han informado de fenómenos similares en la población de *Pleuroncodes planípes* en Nicaragua, en el que durante la temporada reproductiva ocurre una dispersión de la población y un elevado grado de segregación sexual, encontrándose áreas con 100% de machos, áreas intermedias y otras con el 100% de hembras, sin embargo, cabe mencionar que esta zona es el límite sur de la distribución de la especie. Estos autores también detectaron zonas bien definidas para el desove.

A partir de la sexta semana de confinamiento, la tasa de sobrevivencia de las hembras empezó a decrecer. Este periodo coincide con la época en que se observaron las primeras ecdisis, apareamientos y desoves.

Thompson y Pritchard, (1969); Laird y Haefner, (1976), encontraron que existe un incremento substancial hasta de 2.5 veces más en la demanda respiratoria en los crustáceos durante la muda, ya que existe una mayor necesidad de la regulación interna por el incremento en la permeabilidad en el exoesqueleto. Es evidente que la alta mortalidad de las hembras registrada durante la muda, puede estar en función del factor de condición de éstas, que se vió disminuído por el requerimiento energético de estas para llevar a cabo dos periodos de muda, además del esfuerzo reproductivo. En esta etapa de las hembras invierten más energía en la formación de huevos, además de los “cuidados maternos” que realizan por un periodo de tiempo al llevar los huevos en el abdómen, en contraste a los machos, que no gastan energía en el cuidado de éstos (Serrano, 1991).

Lo anterior puede explicar la menor abundancia de hembras en condiciones naturales, ya que pueden ser más susceptibles a enfermedades o depredación.

10.2 Mortalidad de la langostilla en función de la talla.

Los resultados muestran que durante las tres primeras semanas de cautiverio la mortalidad de la langostilla fue mayor en individuos cuya talla promedio aproximado era de 26 mm de longitud de cefalotórax. Este resultado sugirió que las langostillas más grandes, y probablemente de mayor edad (> 2 años), tuvieron menor capacidad adaptativa a los cambios ocurridos en su medio. Se infiere que esta limitante causada por la edad es una consecuencia de la disminución del ritmo metabólico, en respuesta a la reducción de los requerimientos energéticos durante la fase bentónica en la que permanecen la última etapa de su vida (Boyd, 1967).

Boyd (1967) y Auriolles (*comunic. pers.*) indican que, las langostillas más viejas, presumiblemente no participan activamente en la reproducción, migrando hacia el talud continental (> 200 m) y permaneciendo ahí hasta morir.

Las langostillas más grandes o de mayor edad son estrictamente bentónicas (Boyd, 1967; Auriolles, 1992), y logran sobrevivir bajo condiciones de temperatura menores de 10°C y presiones altas (hasta 21 atm a 200 m), disminuyendo su movilidad, crecimiento y tasa de ingestión. Habitan en el fondo, donde las

concentraciones de oxígeno llegan a ser de 0.1 mg O₂/l, siendo capaces de aminorar su ritmo respiratorio, lo que las mantiene aletargadas por largo tiempo (Quetin y Childress, 1976).

XI.- CRECIMIENTO EN CONDICIONES DE LABORATORIO

Los estudios de crecimiento y edad son complejos en crustáceos, ya que éste es esencialmente discontinuo a lo largo de la vida, debido a la presencia de un exoesqueleto duro que no le permite un incremento continuo, excepto inmediatamente después de la ecdisis, cuando el nuevo exoesqueleto está aún blando y tiene la capacidad de extenderse (Dennell, 1960; Bustos, et al., 1982).

El crecimiento de los crustáceos no es consistente con la curva sigmoidea asimétrica que representa un crecimiento continuo en la mayoría de los animales. Sin embargo, es ampliamente aceptado que el periodo de intermuda se incrementa con la edad. Esto genera un crecimiento decreciente por unidad de tiempo, lo cual permite obtener una curva típica de crecimiento (Hepper, 1967).

La langostilla de la costa occidental de Baja California Sur, puede llegar a medir hasta 42 mm de longitud de cefalotórax (Aurioles, *comunic.pers*), lo que equivale a más de tres años de edad, según estimaciones de Boyd (1962).

Aurioles, et al., (en prensa) estimaron que la talla promedio correspondiente al primer año de edad de *P. planipes* es de 14.2 mm de longitud del cefalotorax calculado mediante un retrocálculo, tomando en cuenta la longitud promedio (16 mm) de 500 individuos colectados en mayo de 1991 en Bahía Magdalena y del índice de crecimiento en el laboratorio (1.8 mm por mes en esta talla) encontrado por Boyd (1962). Suponiendo que eclosionaron al final de la época reproductiva (marzo), tendrían un año y un mes. Este resultado concuerda con el calculado mediante la curva teórica de crecimiento mencionada por Boyd (1962).

Por otro lado, Serrano (1991), usando la curva de crecimiento reportada por Boyd, (1962), asumió que la talla promedio al segundo año de edad es 23.23 mm de longitud del cefalotórax, basándose en muestreos en la costa occidental de Baja

California Sur en febrero de 1989, donde se midieron 442 langostillas. Se infiere que estas langostillas atravesaban la segunda temporada reproductiva, y consecuentemente se encontraban en su segundo año de vida. El valor registrado fue ligeramente menor (aproximadamente 2 meses de edad según el índice de crecimiento por mes) que el calculado con la curva de crecimiento de Boyd (1962) que fue de 26 mm. Estas diferencias eran de esperarse por varias causas: 1) retardo o adelanto en el periodo reproductivo de un año a otro; 2) diferencias interanuales de crecimiento; 3) diferencias entre las langostillas criadas en laboratorio y las capturadas. Así mismo, se asume que la talla promedio correspondiente al tercer año de edad es de 31.5 mm de longitud del cefalotórax (Boyd, 1962; Serrano, 1991; Serrano y Auriolos 1993).

El crecimiento de la langostilla encontrado en este estudio, para el intervalo de talla de 12.1 a 22.45 mm de longitud de cefalotórax, presentó un promedio de 1.217 mm/mes. En individuos cuya longitud promedio era igual a 27.45 mm, el crecimiento observado fue de 0.93 mm/mes. Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los registrados por Boyd (1962), en langostillas de la misma edad.

Con base en lo antes mencionado, se infiere que el crecimiento de la langostilla en condiciones de laboratorio en los primeros años de vida es muy rápido, y conforme el animal va aumentando en talla éste disminuye su velocidad, hasta aproximarse a una asintota.

Según los cálculos de la edad de las langostillas empleadas en este estudio, estas variaron dentro del intervalo de 1.5 a 2 años. Esta estimación fue el resultado de la interpolación de la talla promedio de la muestra en la curva de crecimiento calculada por Boyd (1962). Por tanto, los resultados obtenidos de esta investigación, solo corroboran el crecimiento de *P. planipes* en ese intervalo de edad en condiciones de laboratorio.

Por otra parte, Serrano (1991) y Serrano y Auriolos (1993) en su estudio sobre dimorfismo sexual en la langostilla, encontraron que las diferencias más notorias son principalmente las quelas más anchas y largas así como la longitud del cefalotórax y el peso en los machos. El crecimiento promedio del grupo de langostillas estudiadas, fue ligeramente mayor en los machos (1.91 mm) que en las hembras (1.54 mm). Sin

embargo, la prueba de "t student" ($P > 0.05$), no indicó diferencias significativas en el desarrollo del cefalotórax entre ambos sexos. Es conveniente mencionar que si bien no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento entre machos y hembras en la muestra analizada, el resultado no puede extrapolarse a la población natural dado que el tamaño del grupo fue muy pequeño.

Por otro lado, se detectaron dos periodos de muda en las hembras en un mes (antes y después de la etapa reproductiva). Estudios de edad y crecimiento efectuadas con el galateido *Pleuroncodes monodon*, indican un solo periodo de muda en ambos sexos después del desove tanto en condiciones naturales como en cautiverio (Bustos, et al., 1982). Con base en este antecedente, se infiere que la primera ecdísis probablemente no fue normal, dado que la longitud de la muda no fue diferente al tamaño del animal después de ésta. Es posible que las langostillas fueran inducidas a mudar estimuladas por algún factor externo del medio.

Investigaciones de Bliss (1954 a,b, 1960, 1962), Bliss y Boyler (1964), Ranga (1966) y Salther (1966) indican que el comienzo de la proecdísis es un evento importante en el ciclo de la muda y que el medio externo juega un papel importante en la regulación del mismo, produciendo la liberación de las sustancias neurosecretoras relacionadas con la muda a través de la intervención de receptores sensoriales.

En nuestro grupo experimental de langostillas, al relacionar la aparición de las primeras mudas con la evaluación de la tasa metabólica, se encontró que una semana antes de la aparición de la primera muda, se les había expuesto al consumo de oxígeno en función de los cambios de salinidad. Pannikar (1941) menciona que el ciclo de la muda representa una medida de la respuesta total metabólica y probablemente puede ser afectado por el cambio de salinidad.

El efecto de la salinidad en la duración del ciclo de muda no está bien entendido y requiere estudios más detallados. Sin embargo, es muy posible que la salinidad pueda influenciar o inhibir la síntesis de las hormonas que actúan a nivel de la epidermis (Moreira, et al., 1986).

En suma, el crecimiento registrado para la langostilla *Pleuroncodes planipes*, no presentó diferencias significativas, a las reportadas por Boyd (1962), para este grupo de edad, no obstante, de la aparición de un segundo evento de muda en las hembras, que aparentemente fue inducido por un cambio en la salinidad en el medio.

Finalmente, en este estudio se pudo establecer una relación directa entre el consumo de oxígeno y la temperatura, en la langostilla *Pleuroncodes planipes*, detectando un intervalo de temperatura (13 a 17 °C) en donde no existe cambio significativo en la tasa de consumo de oxígeno, observando además estabilidad metabólica. Dicho intervalo de temperatura coincide al registrado como centro de mayor abundancia de este crustáceo en la plataforma continental de la costa occidental de Baja California Sur. Por tanto, la abundancia registrada de *Pleuroncodes planipes* en zonas cuyas temperaturas se encuentran dentro de dicho intervalo, es el reflejo de la estabilidad metabólica de este crustáceo.

Por otro lado, el análisis del efecto de la salinidad en la tasa metabólica de rutina en condiciones de laboratorio indicó que la langostilla aparentemente se comporta como un organismo eurihalino, ya que es capaz de tolerar grandes variaciones en las concentraciones salinas, en condiciones de laboratorio. Dicha capacidad adaptativa se ve disminuida con el aumento de la temperatura y la disminución de las salinidades. Resultado por demás interesante, a pesar de saber que la población natural de langostilla en la plataforma continental de B.C.S., nunca está expuesta a cambios de salinidad bruscos.

Por otro lado, los resultados del metabolismo de rutina en función del sexo y condición reproductiva, no mostraron de manera general diferencias significativas. No obstante, se observó un ligero aumento en la tasa respiratoria de los machos con respecto al de las hembras no ovígeras, resultado que pudo ser consecuencia del proceso de gametogénesis en que los machos se encontraban. Sin embargo, el metabolismo rutinario de las hembras ovígeras siempre fue mayor comparado con el de las hembras no ovígeras y machos; resultado que se interpreta, como respuesta a la inversión energética de las hembras durante el proceso reproductivo.

No obstante, los resultados anteriores no explican de manera independiente, el mayor número de machos capturados en la plataforma continental de Baja California Sur.

La sobrevivencia de *Pleuroncodes planipes* en condiciones de laboratorio fue significativamente diferente entre sexos en tres aspectos importantes. El primero en cuanto a la tolerancia a los cambios térmicos entre hembras y machos. Donde pudo apreciarse, la poca tolerancia de los machos a los cambios de temperatura, reflejado en la alta mortalidad. El segundo con respecto a la etapa reproductiva, donde de manera contraria al caso anterior, la tasa de sobrevivencia de las hembras fue menor a la de los machos. Y tercero, en función de la talla donde la menor sobrevivencia se detectó en animales con longitudes de cefalotorax mayores iguales a 26 mm.

Por tanto, la mayor captura de machos en el fondo durante el invierno puede tener dos explicaciones. Primero, que exista una segregación sexual en la columna de agua, donde las hembras se encuentren en áreas donde las condiciones sean propicias para el desove, asegurando la mayor sobrevivencia de sus huevecillos. Y dos, que en condiciones naturales exista una mayor mortalidad de hembras, durante la época reproductiva, como consecuencia del costo energético que estas invierten en la producción de huevos, debilitándolas y haciéndolas más susceptibles a enfermedades y/o depredación.

Finalmente, no se observaron diferencias en los datos de crecimiento de la langostilla en condiciones de laboratorio a los reportados por Boyd (19621, para organismos dentro de esta misma edad en condiciones estables de temperatura y salinidad (15° y 35 ppm), lo que lleva a suponer que tales condiciones son las optimas, para que la langostilla pueda llevar a cabo todas sus funciones vitales. Estos resultados pueden ser un reflejo de por que este crustáceo galateido es la especie más abundante en la plataforma contienental de la costa occidental de Baja California.

CONCLUSIONES.

- 1.- El intervalo de temperatura donde la langostilla *Pleuroncodes planipes* metabólicamente es más eficiente (intervalo óptimo) esta comprendido entre los 13 y 17 °C, donde se observó estabilidad en la tasa de consumo de oxígeno.
- 2.- Por arriba del intervalo óptimo *Pleuroncodes planipes* tiene una disminución en su habilidad metabólica y regulación de iones, y a temperaturas menores de 10 °C existe una disminución en el consumo de oxígeno, observando un aletargamiento como una posible respuesta metabólica a las bajas temperaturas encontradas regularmente en el fondo de la plataforma continental.
- 3.- Los altos valores del coeficiente térmico registrados a temperaturas por debajo y encima de su intervalo óptimo consideradas como condiciones de salinidad diferente a las de su habitat natural, indican una alta sensibilidad a las variaciones de temperaturas, y una inadecuada capacidad reguladora.
- 4.- La tasa metabólica rutinaria en función de las salinidad no se alteró significativamente el consumo de oxígeno de *Pleuroncodes planipes* de manera independiente a la temperatura.
- 5.- El efecto combinado de temperaturas por encima de los 20 °C y salinidades por arriba y por abajo de 35 ppm provocan arritmia respiratoria en la langostilla.
- 6.- La langostilla se comportó como un organismo eurihalino, tolerando grandes variaciones en las concentraciones salinas, dentro de su intervalo óptimo de temperatura. Sin embargo, este grado de eurihalinidad varió con el aumento de temperatura.
- 7.- La tasa respiratoria entre hembras, hembras grávidas y machos no fue significativamente diferente en términos estadísticos. Aunque, los resultados indicaron mayor tolerancia a los cambios térmicos en las hembras en comparación con los machos; asociado al hecho de que las hembras realizan desplazamientos hacia zonas someras durante la reproducción.
- 8.- La tasa metabólica de las hembras ovígeras es ligeramente mayor que la de las hembras, posiblemente porque las hembras grávidas invierten mucha energía en el apareamiento y la formación de huevos.

- 9.- Las langostillas mayores de 30 mm de longitud del cefalotórax (mayores de los dos años), tienen menor capacidad metabólica a los cambios ocurridos en su medio, debido posiblemente a la disminución del ritmo metabólico y en respuesta a sus mínimos requerimientos energéticos.
- 10.- La tasa de sobrevivencia en los machos es menor a la de las hembras cuando existen cambios bruscos de temperatura en el medio, debido posiblemente a que las hembras son menos sensibles a los cambios térmicos.
- 11.- La alta mortalidad de las hembras registrada en condiciones de laboratorio, durante el periodo reproductivo, puede explicarse por la inversión energética de éstas en la producción de huevos.
- 12.- El patrón de mortalidad por tallas en la langostilla indicó que individuos más grandes (26 - 27 mm), murieron durante las primeras tres semanas, sin distinción de sexo. Sin embargo, las langostillas mayores de 15 y menores de 27 mm lograron sobrevivir 27 semanas.
- 13.- El crecimiento diferencial entre sexos no fue significativo aunque ligeramente mayor en los machos (1.91 mm) en comparación con el de las hembras (1.54 mm); resultado que se atribuye a que el tamaño de muestra fue muy pequeña (40 individuos).

RECOMENDACIONES

El propósito de este estudio fue dar respuesta a una serie de preguntas que surgieron a partir de investigaciones previas sobre distribución y abundancia, mortalidad y segregación diferencial entre sexos de la langostilla bentónica de la costa occidental de Baja California Sur, mediante estudios más detallados de ecofisiología.

La información generada de esta investigación, sumada a las anteriores, permite hacer algunas recomendaciones sobre el manejo del recurso, que se espera sea de utilidad para su explotación racional.

Este estudio corroboró que el intervalo óptimo metabólico se encuentra entre 13 y 17 °C, ámbito que coincide, con el de mayor captura en condiciones naturales. Por lo que podría recomendarse, incluir estas zonas para actividad pesquera.

Dado que las langostillas presentaron aletargamiento y periodos de apneas a 10 °C, sería interesante medir la tasa de consumo de oxígeno a temperaturas menores e iguales a esta, para verificar si este comportamiento es el reflejo de una deficiencia metabólica a bajas temperaturas.

Se observaron dos periodos de muda en las hembras de langostilla que estuvieron expuestas a variaciones en la salinidad. Se infiere que tal vez, uno de ellos no fue normal y estuvo estimulado por el aumento en la salinidad, al igual que en el decápodo *Macrobrachium olfersii* (Moreira et al., 1982). En función de esto se sugiere realizar estudios más detallados al respecto.

Finalmente se recomienda realizar un estudio más amplio sobre crecimiento diferencial entre sexos de langostilla, en condiciones de laboratorio, ya que los resultados encontrados sobre el crecimiento diferencial entre sexos no fue muy clara.

LITERATURA CITADA

- Alvariño, A. 1976. Distribución batimétrica de *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustacea; Galatheidae). *Memorias del Simposium sobre Biología y Dinámica de camarones, Guaymas Sonora, México, 8-15 Agosto 1976*: 266-285.
- Armitage, K. B. y T. J. Wall., 1982. The effects of body size starvation and temperature acclimation on the oxygen consumption of the crayfish *Orconectes nais*. *Comp Biochem. Physiol.* 73A(1):63-68.
- Arvizu J. M., E. García R. y I. Morales A. 1974. Estudio preliminar sobre langostilla *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustacea; Galatheidae), de la Costa Occidental de Baja California y Golfo de California. *Serie Científica I.P.N./sc:1-10*.
- Aurioles, G.D. 1990. Movimientos nerítico-oceánicos de la langostilla *Pleuroncodes planipes* (Decapoda; Galatheidae) en el bentos de la costa occidental de Baja California Sur, México y su efecto sobre la fauna asociada. En : *Resúmenes del Coloquio sobre Macro-crustáceos Bentónicos del Pacífico Este Tropical. Inst. Ciencias del Mar y Limnología. marzo de 1990, Mazatlán, Sinaloa. México.*
- Aurioles, G. D. 1992. Inshore-Offshore movements of pelagic red crabs *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheidae) off the Pacific coast of Baja California Sur, México. *Crustaceana* 62(1): 77-84.
- Aurioles G.D., M. Castro G., F. Solís M. y R. Pérez F. (en prensa). Annual mass strandings of pelagic red crabs (*Pleuroncodes planipes*; Crustacea; Anomura, Galatheidae) in Bahía Magdalena Baja California Sur. *Fish. Bulletin*.
- Bartholomew, G. A. 1979. Temperatura del cuerpo y metabolismo. En. *G.M. Gordon (ed) Fisiología Animal. C. E. C.S.A. México* 8: 381-459.
- Blackburn, M. 1969. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. *Fishery Bulletin, U.S. Fish and Wildlife Service*, 68 (1): 147- 176.
- Blackburn M. 1977. Temporal changes in pelagic biomass of *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheidae) off Baja California, México. *Crustaceana* 23(2):178- 184.

- Blackburn, M. y R. E. Thorne. 1974. Composition, biomass and distribution of pelagic nekton in a coastal upwelling area off Baja California, México. *Tethys* 6(1-2): 281-290.
- Bliss, D. E. 1954 a. Inhibition of regeneration and growth in *Gecarcinus lateralis* by prolonged exposure to constant darkness. *Anat. Rec.* 120:799.
- Bliss, D. E. 1954 b. Light inhibition of regeneration and growth in the crab *Geracinus tateratis*. *Anat. Rec.* 720: 742- 743.
- Bliss, D. E. 1960. Autonomy and regeneration En: T. H. Waterman (ed) *The physiology of crustacea Academic Press, New York* 78: 567-589.
- Bliss, D. E. 1962. Neuroendocrine control of locomotor activity in the land crab, *Geracinus tateralis*. *Mem. Soc. Endocrinal*, 72: 397-470.
- Bliss, D.E. y J.P. Boyler. 1964. Environmental regulation of growth in the decapod crustacean *Geracinus tateratis*. *Gen Comp. Endroc.*, 4: 75-47.
- Boyd, C. M. 1962. The biology of a marine decapod crustacean, *Pteuroncodes ptanipes* Stimpson, 1860. *Ph. D. Thesis Univ. of California, San diego*. 723 p.
- Boyd, C. M. 1966. The larval stages *Pteuroncodes ptanipes* Stimpson (Crustacea, Decapoda, Galatheidae) *Biot. Butt.*, 78 (7): 17-30.
- Boyd, C. M. 1967. Benthic and pelagic habitats of the red crab *Pteuroncodes ptanipes*. *Pacif. Sci.* 27 : 394-403.
- Boyd C. M. y M. W. Johnson. 1963. Variations in the larval stages of decapod crustacean *Pteuroncodes ptanipes* Stimpson Galatheidae. *Biol. Bull.* 724 (3): 741- 752.
- Bowler, K. 1963. A study of the factors involved in acclimation to temperature and death at high temperatures in *Astacuspattipes* II Experiments at the tissue level. *J. Cett Comp. Physiot.* 62: 133- 746.
- Bridges, C. R. y A. R. Brand. 1980. Oxygen consumption and oxygen independence in marine crustaceans. *Mar. Ecot. Prog. Ser.* 2:133- 747.
- Brody, S. 1964. Bioenergetics and growth, with special reference to the efficiency complex in domestic animals. *Hafner Publishing, Co., New York*. 7923 p.

- Brusca, R. C., y B. R. Wallerstein. 1979. Zoogeographic patterns of idoteid isopods in the Northeast Pacific, with a review of shallow water zoogeography of area. *Bull. Biol. Soc. Wash. No. 3:67- 105.*
- Bustos, H. E., O. Aracena., S. Mora y W. Palma. 1982. Estudio de crecimiento y edad en el recurso langostino colorado *Pleuroncodesmonodon* H. Milne Edwards, 1837) *Instituto de Fomento Pesquero (mineografiado). 120 p.*
- Burd, B. J. y R. O. Brinkhurst. 1984. The distribution of the galatheid crab *Munida quadrispina* (Benedict, 1902) in relation to oxygen concentrations in British Columbia Fjords. *J. Exp. Mar. Biol. Eco/. 81:1-20.*
- Chávez L. S. y J. J. Schmitter S. en prensa. Area de estudio. P.00 in J.L. Castro-Aguirre (ed), Recursos Pesqueros Bentónicos del Pacífico sudcaliforniano. *Centr. Invest. Biol., La Paz.*
- Crockcroft, A. C. y T. Wooldridge. 1985. The effects of mass, temperature and moulting on the respiration of *Macropetasma africanus* (Decapoda: Penaeida). *Comp. Biochem. Physiol. 88A(2): 299-305.*
- Dalla V. J. 1987. Effects of salinity and temperature on oxygen consumption in a freshwater population of *Palaemonetes antennarius* (Crustacea, Decapoda). *Comp. Biochem. Physiol. 88A (2): 299-305.*
- Davies, P. S. 1966. Physiological ecology of *Patella*. I. The effects of body size and temperature on metabolic rate. *J. Mar. Biol. 46: 647-658.*
- Dennell, R. 1960. Integument and exoskeleton. En: *T.H. Waterman (ed). The physiology of Crustacea I. Metabolism and Growth. Academic Press. New York. 14: 449-472.*
- Dimock, R. V. y K. H. Groves. 1975. Interaction of temperature and salinity on oxygen consumption of the estuarine crab *Panopeus herbstii*. *Mar. Biol. 33: 301-308.*
- F.A.O., 1971. The Fish resources of the ocean. *Ed. Fishing News (Books) LTD. Surrey, England, p 23 1-233.*
- Florkin, M. 1960. Ecology and metabolism. En: *T. H. Waterman (ed). The physiology of crustacea. Academic Press. New York. 395-4 10.*
- Fry, F. E. I. 1947. Effects of the environment on animal activity. *Stud. Biol. Ser., 55: 1-62.*

- Galván, M. F. 1988. Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla. *Tesis de Maestría. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas I.P. N. Baja California Sur.* 86 p.
- Gallardo, N. Y. 1975. Aprovechamiento integral de la "langostilla" *Pleuroncodes planipes*. *Tesis de licenciatura Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P. N., México.* 72 p.
- Glynn, P. W. 1961. The first recorded mass stranding of pelagic red crabs *Pleuroncodes planipes* at Monterey Bay California since 1859, with notes on their biology. *Calif. Fish and Game.* 47(1): 97- 101.
- Gómez G. J. 1990. Variación de la distribución y abundancia de los estadios planctónicos de *Pleuroncodes planipes* (Crustacea:Galatheidæ) en la costa occidental de Baja California Sur, México (1986). *Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México* 86 p.
- Grodzinsky, W., R. L. Klekowsky y A. Duncan. 1975. Methods for ecological bioenergetics. *Handbook no. 24, Blackwell Scientific Publ.* 367 p.
- Groves, G. W. y J. L. Reid. 1958. Estudios oceanográficos sobre las aguas de Baja California. *Mem. I Congr. Hist. Regional, Mexicali:* 89-727.
- Gulland, J.A. (Ed). 1971. The fish resources of the ocean. *FAO, Fishing News Ltd., Surrey.* 255 p.
- Gúzman V. E. y D. Aurióles. 1992. Variación Invierno-Verano en la distribución por tallas, sexos y densidad promedio de la langostilla *Pleuroncodes planipes* (Stimpson, 1860) en la costa occidental de Baja California. *Proc. San Diego Soc. Nat. Hist.* 27: 7-8.
- Hart, R. C. 1980. Effects of the environment on animal activity. *Stud. Biol. Ser.,* 55s 7-62.
- Hartnoll, R. G. 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. En: F. Schram (ed) *Factors in adult growth. Crustacean Issues. Boston.* 1:101-128.
- Hepper, B. T. 1967. On the growth at moulting of lobster *Homarus vulgaris* in Cornwall and Yorkshire. *J. Mar. Biol. Ass. U.K,* 47: 629-643.
- Hill, R. W. 1980. Fisiología animal comparada, un enfoque ambiental. *Editorial Reverte S.A. España* 90 7 p.

- Kato, S. 1974. Development of the pelagic red crabs (*Galatheidae, Pleuroncodes planipes*) fishery in the Eastern Pacific Ocean. *Marine Fisheries Review*. NOAA 36(10): 1-9.
- Kinne, O. 1970. Temperature. En: Invertebrates. Kinne O. (ed) of *Marine Ecology Wiley-Interscience, London, 1(1): 407-515*.
- Kinne, O. 1971. Salinity. En: Invertebrates Kinne O. (ed) Chapter 4 of *Marine Ecology Wiley-Interscience, London 1(2):82-99*.
- Kinne, O. 1977. *Marine Ecology. Wiley-Interscience, N. Y. 324 p.*
- Knut N. S. 1990. *Animal physiology. Cambridge University Press. New York, U.S.A., 602 p.*
- Kuo, H. C., L. Kamata y K. L. Simpson. 1976. Red crabs processing waste as a carotenoid source for rainbow trout. *Food and Resource Chemistry NOAA/Sea Grant. University of Rhode Island Marine, 61 p.*
- Laird, C. E. y P. A. Haefner Jr. 1976. The effect of intrinsic and environmental factors on oxygen consumption in the blue crab *Cancer sapidus* Rathbun. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 22: 171- 778*
- Lange, R., H. Staland y A. Mostad. 1972. The effect of salinity and temperature on solubility of oxygen and respiratory rate in oxygen-dependent marine invertebrates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 9: 217 - 229*.
- Leffler, C. W. 1972. Some effects of temperature on the growth and metabolic rate of juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* in the laboratory. *Mar. Biol., 14(2): 104- 110*.
- Levings, C.D. 1980. Dermosal and benthic communities in Howe Sound Basin and their responses to dissolved oxygen deficiency. *Canad. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 951:27pp*
- Lluch, B. D. 1987. Causas probables en las fluctuaciones en la abundancia de la sardina en las costas de California. *C.I.B. Contribuciones, La Paz, B.C.S., México*.
- Lockwood, A. P. M. 1968. Aspects of the physiology of crustacea. En: *Oliver and Boyd (ed), Edinburgh and London, 328 p.*
- Logan, D. T. y C. E. Epifanio. 1978. A laboratory energy balance for the larvae and juveniles of the american lobster *Homarus americanus*. *Mar. Biol. 47:381-389*.

- Longhurst, A. R. 1966. The pelagic phase of *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustacea, Galatheidae) in the California Current. *Calif.coop.ocean. Fish. Invest.* 11:142- 154.
- Longhurst, A. R. 1967. The Biology of mass occurrences of galatheid crustaceans and their utilization as a fisheries resources. *Proceedings of the world Scientific Conference on the biology and culture of shrimps and prawns. FAO Fisheries Reports* 57:95- 110.
- Longhurst, A. R. 1968. Distribution of the larvae of *Pleuroncodes planipes* in the California Current. *Limnol.Ocean.*13(1):143- 155.
- Longhurst A. R. 1969. Pelagic invertebrate resources of the California Current. *Calif. Mar. Res. Comm. CALCOFI*, 13:60-62.
- Longhurst, A. R. y D.L. Seibert. 1971. Breeding in a oceanic populations of *Pleuroncodes planipes* (Crustacea, Galatheidae). *Pacif. Sci.* 25:426-428.
- Lynn, R.J., y J.J. Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of the physical characteristic. *J. Geo. Res. Vol. 92. Noc* 12, p. 12. 947- 12. 966
- Margalef, R. 1980. *Ecología Ed. Omega. Barcelona. 951 p.*
- Margalef, R. 1983. *Limnología. Ed. Omega. Barcelona. 120 p.*
- McFarland, W. N. y P. E. Pickens. 1965. The effects of season, temperature and salinity on standart and active oxygen consumption of the grass shrimps, *Palaemonetes vulgaris* (Say). *Can. J. Zool.* 43:571-585.
- McGill, R., J. W. Turkey y W. A. Larsen. 1978. Variation of box plots. *Amer. Stat.* 32: 12-16.
- McHugh, J. L. 1952. The food of albacore *Geruno alalunga* off California and Baja California. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 6:161-172.
- McLain, D. R. y D. H. Thomas. 1983. Year to year of the California countercurrent and effects of marine organisms. *Rep. Calif. coop.ocean. Fish. Invest. Rep.* 26:165- 181.

- Modlin, R. F. 1983. Effects to temperature and body size on oxygen consumption of two species of *Eubbranchipus* (Crustacea: Anostracea). *Am. Mid. Nat.* 190(1):55-62.
- Morales A. I. y J. Arvizu. 1976. Notas sobre la alimentación de la langostilla *Pleuroncodes planipes*. Stimpson. *Memorias del Simposium Sobre Recursos Pesqueros Masivos de México. Septiembre 30 pp.*
- Moreira, G. S., J. C. McNamara y P. S. Moreira. 1980. Temperature and salinity effects on the metabolism of the first zoeal stage of *Macrobrachium holthuisi* Genogre & Lobao (Decapoda: palaemonidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 47: 141-148.
- Moreira, S. G., J. C. McNamara and P. S. Moreira. 1982. The effect of salinity on the metabolic rates of some *Plaemonid* shrimp larvae. *Aquaculture* 29:95- 100.
- Moreira, G. S., J. C. McNamara, S.E. Shumway y P. S. Moreira. 1983. Osmoregulation and respiratory metabolism in brazilian *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 74A (1):57-62.
- Moreira, S. G y J. C. McNamara. 1986. The effect of salinity on the upper thermal limits of survival and metamorphosis during larval development in *Macrobrachium amazonicum* (Heller. Decapoda: Palaemonidae. *Crustaceana E. J. Brill Leinden.* 50(3):23 1-238.
- Morris. R. J. 1973. Relationships bettween the sex and the degree of maturity of marine crustaceans and their lipid compositions. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 53:27-37.
- Moshiri, G. A., C. R. Goldman., G. L. Godshalk y J. A. Coil. 1971. Respiratory metabolism in *Pacifascatus leniciscutus* (Dana) (Crustacea: Decapoda) as related to its ecology. *Hidrobiología.* 27 (2):183- 195.
- Neill, W. H. 1989. Effects of temperature and oxygen on biology of aquatic organims: implications for aquaculture. *Abstracts, Aquaculture '89. J. Word Aquaculture Soc.,* 20(1):59A.
- Nelson, S. C., D. A. Armstrong., A. W. Knigth y H. W. Li. 1977. The effects of temperature and salinity on the metabolic rate of juvenile *Macrobachium rosenbergii* (Crustacea, Palaemonidae). *Comp. Biochem. Ph ysiol.* 56A:67-72.

- Orellana, F. y R. Escoto. 1981. Segundo crucero de evaluación del recurso langostino del Pacífico Nicaraguense de la Pesca (Crustacea: Galatheididae). *Boletín Técnico del Instituto Nicaraguense de la Pesca*. diciembre 1980. 20 p.
- Palma, G. S. y P. E. Arana. 1990. Aspectos reproductivos del langostino colorado *Pleuroncodes monodon* en la zona centro-sur de Chile. *Informe final. Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso Chile 1/90*. 77 p.
- Pannikar, G., 1941. Osmoregulation in some palaemonid prawns. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 25:377-359.
- Parker, R. H., 1964. Zoogeography and ecology of some macroinvertebrates particularly molluscs in the Gulf of California and the continental slope off México. *Videnk. Meddrdank Naturh. Foren.* 12: 1- 178.
- Pérez-Flores, R. y D. Aurióles G. 1990. Alimentación de la langostilla *Pleuroncodes planipes*, durante el periodo de reproducción en la costa occidental de Baja California Sur. *Memorias del VIII Simposium Internacional de Biología Marina. Ensenada B. C. México, junio, 1990*.
- Prosser, C. L y F. A. Brown. 1968. Fisiología comparativa. *Interamericana México* 966 p.
- Puig J. V. y A. Sanz. 1987. Consumo de oxígeno de *Palaemonetes zariquieyi* Solland, 1939 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): Efectos de la temperatura y la salinidad. *Invest. Pesq.* 51 (supl 1):515-524.
- Quetin, L. B. y J. J. Childress. 1976. Respiratory adaptations of *Pleuroncodes planipes* to its environmental off Baja California. *Mar. Biol.* 38:3.
- Ranga R. K. 1966. Studies on the influence of environmental factors on growth in the crab, *Ocypode macrocera*. *Crustaceana II (3):257-275*.
- Reid, J. G., Roden, y J. Willie. 1958. Studies of the California Current System. *Calif. coop. ocean. Fish. Invest. Rep.* 1 July 1956-11 January 1958, p. 27-57
- Rivera A. J. A. 1992. Evaluación del efecto de la variación de la temperatura y la salinidad en el metabolismo respiratorio de post-larvas de camaron café *Panaeus californiensis* (Decapoda: Penaeidae) (Holmes, 1900). *Tesis de Licenciatura, U.A. B. C. S., México* 80 p.

- Robles, F., E. Alarcón y A. Ulloa. 1976. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un periodo frío (1967) y periodos cálidos (1969, 1971 - 1973). *Reunión de trabajo sobre el fenómeno conocido "El Niño", Guayaquil, Ecuador, 4- 12 de diciembre de 1974. FAO Inf. Pesca, 185:94- 196.*
- Salther, B. T. 1966. Observations on the molt cycle and growth of the crab *Podophthalmus vigil* (Fabricus)(Decapoda:Portunidae). *Crustaceana* 11(2):185-197.
- Sanz A. 1984. Tolerancia salina de *Palaemonetes zariquieyi* Solland, 1939 (Crustacea:Decapoda:Palaemonidae): Efecto de la temperatura. *Limnetica. 1:355-359.*
- Sastry, A. N. 1983. Ecological aspects of reproduction. En: *Doroty E. Bliss, (ed). New York The Biology of Crustacea 8: 179-270.*
- Scelzo, A. M. y O. Zúñiga. 1987. Consumo de oxígeno en el camarón *Panaeus brasiliensis* (Decapoda: Penaeidae) en relación a la salinidad y la temperatura. *Fundación de Ciencias Naturales La Salle. Puerto Madryn Chubut, Argentina, 47: 127-128.*
- Scheer, B. T. 1969. Fisiología Animal. *Ed. Omega, España.*
- Schlieper, C. 1971. Physiology of brackish water. *Remane A. y Schlieper C. (ed) Wile y Interscience New York. 2 1 1-350.*
- Serrano P. A. V. 1991. Aspectos reproductivos de la langostilla *Pleuroncodes planipes* (Crustacea:Decapoda:Galatheidae). *Tesis de Maestría. CICIMAR-I.P.N. México 88 p.*
- Serrano P. A. V. y D. Auriolos G. 1993. Dimorfismo sexual en la langostilla *Pleuroncodes planipes* Stimpson 1860 (Crustacea:Decapoda:Galatheidae). *Proc. San Diego Soc. Nat. Hist.13:1-5 p.*
- Smith, P. E. 1985. A case history of an anti-Niño transition plankton and abundances. En: *W.S. Wooster y L F. David (ed). El Niño North: Niño effects in the eastern subarctic Pacific Ocean. Ed. Washington Sea Grant 12 1- 142 p.*
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1984. Biometry. *Freeman & Co. (ed). San Francisco, 776p.*

- Spinelli, J., L. Lehman y D. Weig. 1974. Composition, processing and utilizations of red crabs *Pleuroncodes planipes* as aquaculture feed ingredient. *Fish. Res. Board.* 31:1025- 1029.
- Spinelli, J., y C. Mahnken. 1977. Carotenoids depositions in penreared salmonids feed diet contain ingoil extracts of red crabs *Pleuroncodes planipes*. NOAA, *National Marine Fisheries Service.* 15 p.
- Stewart, B. S., P. K. Yochen y R. W. Schreiber. 1984. Pelagic crabs as food for gulls. A posible benefit of the Niño. *Condor.* 3 (86): 34 1-342.
- Sutcliffe, D. W., T. R. Carrick y W. H. Moore. 1975. An automatic respirometer for determining oxygen uptake in Crayfish *Austropotamobius pallipes* over periods of 3-4 days. *J. Exp. Biol.*, 63:668-673.
- Sverdrup, H.V., M. W. Johnson y R.H. Fleming. 1942. The Oceans. *Prentice Hall, Inc.* 1087 p.
- Teissier G. 1960. Relative growth in the physiology of crustacea. En: Metabolism and growth. T. H. Waterman (ed). *Academic Press. New York* 16:537-560.
- Thompson, R. K. y A. E. Pitchard. 1969. Respiratory adaptations of two burrowing crustaceans, *Callinassa californiensis* and *Upogebia pugettensis* (Decapoda, Thalassinidea). *Biol. Bull (Woods Hole, Mass.)*, Vol. 136: 274-287.
- Vernberg, B. W. y F. J. Vernberg. 1972. Environmental physiology of marine animals. *New York. U.S.A.* 14:449-4 72.
- Villarreal C. H. 1989. Feeding growth and energetics of the freshwater crayfish *Cherax tenuimanus*, with special emphasis on its potential for commercial culture. *Ph. D. thesis University of Queensland, Australia.* 249 p.

- Villarreal C. H. 1990. Effects of the temperature on oxygen consumption and heart rate of the Australian crayfish *Cherax tenuimanus* Smith. *Comp. Biochem. Physiol.* 95A (1): 189 -193.
- Villarreal C., H. y A. Rivera A. (1993) Evaluación del efecto de la variación de la temperatura y la salinidad en el metabolismo respiratorio de post-larvas de camarón café *Panaeus californiensis* (Decapoda: Penaeidae) (Holmes, 1900). *Comp. Biochem. Physiol.*
- White, N.F. 1979. Respiración. En: Fisiología Animal. M.S. Gordon (ed). C.E.C.S.A., México (5):15 1-205.
- Wolvekamp, N. R. y T. H. Waterman. 1960. Respiration. The physiology of crustacea. *Academic Press, New York.* 1:250 p.
- Yagi, H., H.J. Ceccaldi y R. Gandy. 1990. Combined influence of temperature and salinity on oxygen consumption of the larvae of the pink shrimp *Palaemon serratus* Crustacea: Decapoda: Palaemonidae. *Aquaculture.* 86:77-92.
- Zainal, K. A. y., Taylor, A.C. y J. A. Atkinson. 1992. The effect of temperature and hypoxia on the respiratory physiology of the squat lobster, *Munida rugosa* and *Munida sarsi* (Anomura, Galatheidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 101(3):557-567
- Zúñiga, D. A., R. A. Wilson y E. A. Oyane. 1982. Consumo de oxígeno del camarón de roca *Rhynchonectes typus* (Milne Edwards) su relación con la temperatura y talla. *Ciencia y Tecnología del Mar.* 6:53-60.

A N E X O

TABLA I

VALORES DE LOS INTERCEPTOS (a) Y PENDIENTES (b) DE LAS REGRESIONES LINEALES DE OXIGENO DISUELTO (mg/l) CONTRA EL TIEMPO

Temperatura (°C)	S A L I N I D A D (p p m)											
	25				35				45			
	a	b	c	W*	a	b	c	W*	a	b	c	W*
10	7.611	-0.15 ± 3.5	E-003a	5.04	7.02	-0.08 ± 1.73	E-003a	3.21	7.34	-0.068 ± 2.29	E-003a	3.5
13	8.535	-0.15 ± 5.6	E-003a	4.42	6.47	-0.15 ± 5.61	E-003a	3.37	- . -	- . -	- . -	- . -
15	6.355	-0.18 ± 3.3	E-003b	4.58	6.66	-0.13 ± 2.28	E-003a	4.03	6.47	-0.073 ± 2.23	E-003a	3.32
17	6.452	-0.16 ± 2.1	E-003b	4.83	6.24	-0.24 ± 7.56	E-003a	4.45	- . -	- . -	- . -	- . -
20	5.471	-0.25 ± 6.0	E-003c	3.22	6.18	-0.67 ± 6.81	E-003b	5.06	5.54	-0.303 ± 8.04	E-003b	5.67
22	5.011	-0.25 ± 7.1	E-003d	5.46	4.33	-0.34 ± 1.06	E-003c	4.37	- . -	- . -	- . -	- . -

Los valores para cada columna con la misma letra no fueron significativamente diferentes. El coeficiente de correlacion (r) fue mayor de 0.95 para todas las regresiones lineales W* = peso promedio (g) de los organismos para cada serie experimental

TABLA II

CONSUMO DE OXIGENO (mg/g/min) DE LA LANGOSTILLA *Pleuroncodes planipes*
A DIFERENTES TEMPERATURAS Y SALINIDADES EXPERIMENTALES

Temperatura (°C)	S a l i n i d a d (ppm)		
	25	35	45
10	.000461 ± 2.60E-005a	.000518 ± 5.42E-005a	.00419 ± 2.32 E-002a
13	.000490 ± 5.60E-005a	.000537 ± 6.00E-005a	- . - . - . -
15	.000729 ± 6.64E-005b	.000545 ± 3.31E-005a	.000417 ± 4.80 E-002a
17	.000706 ± 3.74E-005b	.000698 ± 7.86E-005a	- . - . - . -
20	.00128 ± 3.74E-004c	.001076 ± 2.08E-004b	.001052 ± 8.51 E-005b
22	-.00096 ± 1.45E-004d	.00203 ± 2.97E-004c	- . - . - . -

Los valores para cada columna con la misma letra no fueron significativamente diferentes

El coeficiente de correlacion (r) fue mayor de 0.95 para todas la regresiones lineales

TABLA III

ESTIMACIONES DEL COEFICIENTE TERMICO (Q10) A DIFERENTES SALINIDADES
DE LA LANGOSTILLA *Pleuroncodes planipes* POR GRUPOS, SEXO Y CONDICION REPRODUCTIVA

Intervalo de Temperatura (°C)	S a l i n i d a d (ppm)								
	25			35			45		
	H	H.OV	M	H	H.OV	M	H	H.OV	M
10-13	5.43	0.282	3.53	1.91	0.635	5.06	--	--	1.88*
13-15	2.62	5.24	1.12	1.23	1.24	0.645	6.16**	--	1.80**
15-17	2.69	1.0	2.6	3.87	3.89	5.71			
17-20	13.3	--	0.0102	1.0	10.3	5.13			
20-22	--	--	0.709	4.32	--	6.36			

H = Hembras no ovígeras; M = Machos; H.OV = Hembras ovígeras

* Intervalo (10-15 °C); ** Intervalo (15-20 °C)

TABLA IV

TASA DE SOBREVIVENCIA DE LA LANGOSTILLA *Pleuroncodes planipes*
EN CONDICIONES DE LABORATORIO

SEMANA NUMERO	G R U P O			H E M B R A S			M A C H O S		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0	145	36	.7517	72	9	.875	73	27	.6301
	160	66	.5222	90	41	.5444	90	45	.5
2	94	16	.8085	49	4	.9183	45	14	.6888
3	76	9	.8815	45	2	.9555	31	7	.7741
4	67	26	.5820	43	15	.6511	24	13	.4583
5	39	17	.5641	26	14	.5	11	3	.7272
6	22	4	.8181	14	3	.7857	6	1	.875
7	16	4	.7777	11	2	.8181	7	2	.7142
6	14	5	.6428	9	4	.5555	5	1	.8
9	9	2	.7777	5	2	.6	4	0	1.0
10	7	1	.8571	3	1	.6666	4	0	1.0
11	6	2	.6666	2	2	0	4	0	1.0
12	4	0	1.0	0	0	0	4	0	1.0
13	4		.750	0	0	0	4	1	0.750
14	3	0	1.0	0	0	0	3	0	1.0
15	3	0	1.0	0	0	0	3	0	1.0
16	3	0	1.0	0	0	0	3	0	1.0
17	3	0	1.0	0	0	0	3	0	1.0
16	3	0	1.0	0	0	0	3	0	1.0
19	3	0	1.0	0	0	0	3	0	1.0
20	3	0	1.0	0	0	0	3	0	1.0
21	3	0	1.0	0	0	0	3	1	.6666
22	2	1	.5	0	0	0	2	0	1.0
23	2	0	1.0	0	0	0	2	0	.5
24	1		0	0	0	0	1	0	1.0
25	1	0	0	0	0	0	1	0	1.0
26	0	1	0	0	0	0	1	1	0

A = Tamano de muestra; B = Numero de muertos; C* = Indice de sobrevivencia

* Se define como el porcentaje de individuos vivos de una poblacion

TABLA V

MORTALIDAD DE LA LANGOSTILLA Pleuroncodes planipes EN FUNCION DE LOS
EVENTOS EXPERIMENTALES Y REPRODUCTIVOS

Semana	Evento	Mortalidad (No. de individuos)		
		HEMBRAS	MACHO	TOTAL
0* 1 a.captura 145 organismos	Aclimatacion (Barco)	9	27	36
1 ² * 2a.captura 71 organismos	Aclimatacion (Barco)	41	45	66
2 Traslado laboratorio	Aclimatacion II (laboratorio)	4	14	16
3 Evaluacion Met. Rutina	1 a. sem. experimental	2	7	9
4 Evaluacion Met. Rutina	2a. sem. experimental	15	13	26
5 Evaluacion Met. Rutina	3a. sem. exp. (1a. muda hembras)	14	3	17
6 Evaluacion Met. Rutina	4a. sem. exp. (apareamiento)	3	1	4
7 Evaluacion Met. Rutina	5a. sem. exp. (desove)	2	2	4
6 Evaluacion Met. Rutina	6a. sem. exp. (2a. muda hembras)	4	1	5
9	1 a. sem. obsetvacion	2	0	2
10	2a. sem. observacion	1	0	1
11	3a. sem. observacion	2	0	2
12& Mort. 100% hembras	5a. sem. observacion	0	0	0
13	6a. sem. observacion(1a. muda machos)	0	1	1
14	7a. sem. observacion	0	0	0
15	8a. sem. observacion	0	0	0
16	9a. sem. observacion	0	0	0
17	1 0a.sem. obsefvacion	0	0	0
16	II a.sem. obsetvacion	0	0	0
19	12a.sem. obsefvacion	0	0	0
20	13a.sem. observacion	0	0	0
21	14a.sem. observacion	0	1	1
22	1 5a.sem. observacion	0	0	0
23	16a.sem. obsefvacion	0	1	1
24	17a.sem. observacion	0	0	0
25	1 8a.sem. obsewacion	0	0	0
26@ Mort. 100% machos	1 9a.sem. observacion	0	1	1

* N = (72 Hembras y 73 Machos) 4/septiembre/1991

²* N = 160 (90 hembras y 90 machos)

& (27/nov/1991)

@ (15/marzo/1992)

TABLA VI

CRECIMIENTO DEL CEFALOTORAX (mm) DE LA LANGOSTILLA
Pleuroncodes planipes EN CONDICIONES DE LABORATORIO

Intervalo de Longitud (mm)	Numero de indiv. por intervalo	Talla promedio (mm)	Crecimiento Promedio (mm)	Crecimiento Promedio Estimado (mm)
12.1 - 14	1	13.3	2.2 ± .00	15.5
14.1 - 16	0	- . -	- . -	- . -
16.1 - 18	6	17.2	1.8 ± .75	19.0
18.1 - 20	12	19.0	1.6 ± .75	20.6
20.1 - 22	7	21.2	1.8 ± .85	23.1
22.1 - 24	10	22.9	1.2 ± .50	24.2
24.1 - 26	2	24.6	1.4 ± .00	26.0

TABLA VII

CRECIMIENTO COMPARATIVO DEL CEFALOTORAX DE LA LANGOSTILLA *Pleuroncodes planipes*
 EN DOS ESTUDIOS BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO SIMILARES

Intervalo de longitud	Talla promedio (mm)		Crecimiento promedio (mm)		Crecimiento mínimo (mm)		Crecimiento máximo (mm)		Long.Prom.estimada (mm)	
10.1 - 14.9	12.1*	12.1**	2.4*	2.2**	2.4*	2.2**	2.4*	2.2**	12.4*	12.2**
15 - 19.9	17.4*	17.4**	1.5*	0.3**	2.1*	3.7**	2.1*	3.7**	16.8*	16.8**
20 - 24.9	22.4*	22.4**	0.8*	0.3**	1.0*	1.4**	1.1*	2.8**	21.0*	21.4**
25 - 29.9	27.4*	27.4**	0.9*	1.4**	0.6*	1.4**	0.8*	1.4**	24.6*	26.4**
30 - 34.9	32.4*	- . -	0.9*	- . -	0.5*	- . -	0.7*	- . -	30.5*	- . -

* Reportada por Boyd (1962)

** Este estudio

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
 BIODIVERSIDAD MARINA
 I.P.N.
 DONATIVO