

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**" Temperatura óptima de cultivo y temperatura crítica máxima
del abulón azul *Haliotis fulgens*".**



T E S I S
Que para obtener el título de
O C E A N O L O G O

Presenta

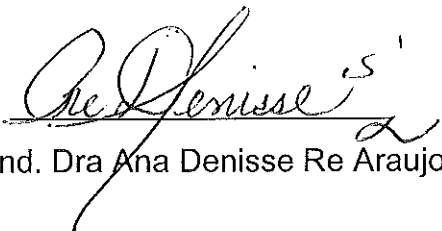
Evnika Zarina Medina Romo

Ensenada, Baja California, Agosto de 2002

RESUMEN de la Tesis de la P.Oc. Evnika Zarina Medina Romo, presentada como requisito parcial, para la obtención del Título de Licenciatura en OCEANOLOGIA. Ensenada, Baja California, México. Agosto del 2002.

“ Temperatura óptima de cultivo y temperatura crítica máxima del abulón azul *Haliotis fulgens* ”.

Resumen aprobado por:


cand. Dra Ana Denisse Re Araujo

Se obtuvo la temperatura preferida de juveniles de abulón azul, de 29.9 ± 1.73 mm de longitud y 3.17 ± 0.35 gr., utilizando el método gravitacional. Se utilizó un gradiente horizontal térmico provisto de 15 cámaras con temperaturas entre $9.45 \pm 0.58^\circ\text{C}$ y $30.33 \pm 1.03^\circ\text{C}$. Con aireación constante, y flujo de agua constante (180-200 ml/min). Con una intensidad luminosa de 0.42×10^{15} quanta $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$ para el día y de 0.23×10^{15} quanta $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$ para la noche. Mediante la grafica de velocidad de desplazamiento se pudo observar que dentro de las dos primeras horas del experimento, los abulones encontraron su temperatura preferida (TP) a la cual permanecieron la mayor parte del experimento. También se pudo observar que el desplazamiento se incrementó nuevamente en el periodo nocturno, lo cual se debe a los hábitos del abulón. La temperatura preferida fue de $25.34 \pm 0.87^\circ\text{C}$ para el ciclo diurno. No se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas preferidas en el día y las temperaturas preferidas en la noche. Aplicando la ecuación de Jobling (1981) la temperatura óptima de crecimiento (TOC) fue de $24.63 \pm 1.33^\circ\text{C}$. La temperatura crítica máxima (TCM) se obtuvo mediante el método descrito por Díaz et al. (2000) utilizando como temperatura inicial la temperatura preferida, encontrando un TCM 50% de 33.59°C .

*"Si no luchas por tus sueños quien los hará
realidad"*

Carlos Olivares

DEDICATORIA

CON TODO MI AMOR PARA LA PERSONITA QUE TRAJÓ LA
MAYOR ALEGRIA EN MI VIDA
MI BEBE JOSHUA

PARA LA PERSONA A QUIEN MAS ADMIRO
MI MADRE

Y

PARA MI FIEL COMPAÑERO MI ESPOSO Y AMIGO
MIGUEL

AGRADECIMIENTOS

A la candidata a Dra. en Ciencias Denisse Re Araujo, por haberme ayudado a entrar en el proyecto de estudios del abulón azul, del Departamento Acuicultura, Biotecnología Marina de CICESE. Por su amistad, su tiempo, sus enseñanzas, sus consejos y su paciencia.

Al Dr. Ricardo Searcy Bernal y a la M.C. Casandra Anguiano Beltrán, por sus importantes contribuciones para el desarrollo de ésta tesis y por su comprensión. Por haberme brindado su amistad y apoyo durante mis estudios de licenciatura.

Al Dr. Fernando Díaz y al candidato a M.C, Gustavo Valdéz, por haberme ayudado a llevar a cabo los experimentos, así como su ayuda en la elaboración de ésta tesis.

A la empresa B.C. Abalone, y en especial a Stephen Walker, por haberme confiado los organismos para el desarrollo de los experimentos.

A la planta de maestros de la Facultad de Ciencias Marinas, especialmente a Francisco Ley, Manuel Moreno, Granados Machuca, Norberto Castro, Héctor Bustos, Eliseo Almanza H, Enrique Hernández, y todos aquellos que no se me olvidan, por su amistad, y enseñanza durante mis estudios.

A mi familia, porque siempre me han apoyado para que no desista de lograr mis objetivos y porque siempre están cerca cuando los necesito.

A todos mis amigos y a mis hermanos scouts por haberme ayudado a mitigar la tristeza de estar lejos de mi hogar.

A Indira, Mariana y Oscar por su desinteresada amistad.

A la familia García por haberme aceptado como un miembro más.

Y a Dios por darme un día más de vida para tratar de comprender lo increíble de su creación.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1.- Introducción	
1.1.- Generalidades	1
1.2.-Antecedentes	6
1.3.-Objetivos	9
2.-Materiales y Métodos	
2.1.-Aclimatación de los organismos	11
2.2.-Marcado de los organismos	13
2.3.-Temperatura preferencial	
2.3.1.-Descripción del gradiente horizontal término	13
2.3.2.-Introducción de los organismos en el gradiente horizontal término.	17
2.3.3.-Procesamiento de los datos de temperatura preferida.	17
2.3.4.-Velocidad de desplazamiento	20
2.3.5.-Biometría	20

CONTENIDO (Continuación)

	<u>Página</u>
2.4.-Temperatura óptima de crecimiento	22
2.5.-Temperatura crítica máxima	
2.5.1.-Aclimatación a la temperatura preferida	22
2.5.2.-Etapa experimental.	22
2.5.3 Procesamiento de los datos de Temperatura Crítica Máxima	25
3.-Resultados	26
3.1.-Preferendum térmico	
3.1.1.-Temperatura de las cámaras del gradiente horizontal térmico.	26
3.1.2 Luz y Concentración de Oxígeno en las cámaras del gradiente durante los experimentos.	26
3.1.3 Temperatura preferencial.	28
3.1.4. Velocidad de desplazamiento de los organismos.	36
3.1.5. Temperatura Óptima de Crecimiento	42
3.2. Longitud y peso húmedo.	39
3.3. Temperatura Crítica Máxima.	42

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

	<u>Página</u>
8 Regresión lineal de las temperaturas de las cámaras del gradiente horizontal térmico. En el eje "x" las 15 cámaras virtuales y en el eje "y" las temperaturas de las cámaras promedio.	27
9 Gráfica de temperatura preferida para el primer grupo de abulones(<i>Haliotis fulgens</i>),introducidos al gradiente. La zona sombreada, limitada por triángulos, representa intervalo de la mediana con un 95% de confianza. Las cajas representan la distribución del 50% de los organismos.	30
10 Gráfica de temperatura preferida para el segundo grupo de abulones(<i>Haliotis fulgens</i>),introducidos al gradiente. La zona sombreada, limitada por triángulos, representa intervalo de la mediana con un 95% de confianza. Las cajas representan la distribución del 50% de los organismos.	31
11 Gráfica de temperatura preferida para el tercer grupo de abulones(<i>Haliotis fulgens</i>),introducidos al gradiente. La zona sombreada, limitada por triángulos, representa intervalo de la mediana con un 95% de confianza. Las cajas representan la distribución del 50% de los organismos.	33
12 Gráfica de temperatura preferida del grupo de 45 abulones (<i>Haliotis fulgens</i>),introducidos al gradiente. La zona sombreada, limitada por triángulos, representa intervalo de la mediana con un 95% de confianza. Las cajas representan la distribución del 50% de los organismos.	35
13 Desplazamiento del primer grupo de abulones, durante un ciclo diurno dentro del gradiente térmico.	

	37
14 Desplazamiento del segundo grupo de abulones, durante un ciclo diurno dentro del gradiente térmico.	38
15 Desplazamiento del tercer grupo de abulones durante un ciclo diurno dentro del gradiente térmico.	40
16 Desplazamiento del conjunto de 45 abulones durante un ciclo diurno dentro del gradiente térmico.	41
17 Porcentaje de <i>Haliotis fulgens</i> que permanecieron adheridos a la placa de vidrio con relacion a incremento de la temperatura.	44

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- Generalidades

Los abulones son moluscos gasterópodos marinos, pertenecientes a la familia Haliotidae y al género *Haliotis* (Guerrero-Torres,1993). Son organismos bentónicos univalvos. Tienen un pie aplanado que constituye la parte comestible. Como subproductos también son aprovechados la concha, “el recorte” y la “tripa” (branquia). Se caracterizan por tener una concha auriforme, la cual es secretada por el manto, que presenta, una serie de 5 a 7 perforaciones redondeadas llamadas poros respiratorios, que son utilizados para exhalar corrientes de agua provenientes de la parte frontal de la concha (Cox,1962; García Mendoza,1991). Habitan fondos rocosos y se encuentran ligados a los mantos de algas pardas especialmente de *Macrocystis pyrifera* de los cuales se alimentan (Cox, 1962; Mateus,1986).

Se encuentran en aguas templadas y tropicales en todo el mundo. En el continente Americano se encuentran en las aguas tropicales del estado de Florida (USA) y Brasil, y en los mares templados de la costa occidental desde Alaska, en Estados Unidos, hasta la parte sur de la Península de Baja California, en México (Cox, 1962; Guzmán del Proó y Ortiz-Quintanilla,1972 citados por Mateus, 1986).

El abulón es un recurso marino muy importante a nivel mundial debido a que es uno de los mejores cotizados en el mercado y a que tiene una gran demanda, especialmente en los Estados Unidos, Japón y China (Pérez-Muñoz,1995; Hahn, 1989). Incluso la demanda de este producto en estos países esta por encima de la oferta (Vélez-Espino,1999). Pérez-Muñoz (1995) menciona que el precio del abulón mexicano enlatado alcanza precios de 84 dólares el kilogramo de carne en el mercado de mayoreo y de 26.25 dólares , una lata con 425g de carne.

El abulón ha sido explotado comercialmente desde hace más de 130 años (García Mendoza,1991). El resultado de la intensificación y la eficiencia en su captura comercial, aunado a su lenta tasa de crecimiento, es un decremento en la pesquería mundial de este recurso. (Grant,1981; Leighton,1974, Morse *et al.*,1980; citados por García Mendoza,1991). México fue el principal productor de abulón en las décadas de los sesentas y setentas, llegando a una captura de 2,000 y 3,000 toneladas anuales promedio respectivamente (Pérez-Muñoz,1995). En 1976 inicia un descenso muy pronunciado (Salas-Garza y Searcy-Bernal, 1990). Según registros de la Secretaría de Pesca en1992, la producción fluctuó alrededor de 600 toneladas (Pérez-Muñoz,1995), y en 1997 a 457 toneladas (Díaz et al., 2000) una captura muy por debajo de la alcanzada en otras décadas

En México *Haliotis fulgens* representa del 25 al 40% de la producción "abulonera", mientras que en Estados Unidos es el 10%. En México los mayores esfuerzos recaen sobre esta especie (Vélez-Espino,1999). La cual tolera un amplio rango térmico (Leighton,1974); y se distribuye desde Point Conception (Fig.1), California, Estados Unidos hasta Bahía Magdalena, Baja California Sur, México (Vélez-Espino,1999).

El abulón azul *Haliotis fulgens* es de concha ovalada y gruesa. Los grandes pueden alcanzar 25.4 cm de diámetro mientras la mayoría de los organismos de talla normal alcanzan entre 17.8 cm y 20.3 cm. La superficie exterior de la concha es de verde olivo a café rojizo. Los poros respiratorios son circulares y pequeños. El interior de la concha es brillante e iridiscente azul-rojizo-verdoso. La cicatriz del músculo es muy notoria. El interior es considerado por muchos el mas bonito de todas las especies de abulón. El epipodium es verde olivo con parches café. Los tentáculos son color gris verdoso , algo cortos y delgados y se proyectan a poca distancia de la concha (Cox,1962).

El abulón azul se encuentra en áreas rocosas poco profundas. Ocasionalmente de 15 a 18 m de profundidad, la gran mayoría se encuentran entre 3 y 6 m (Cox,1962).

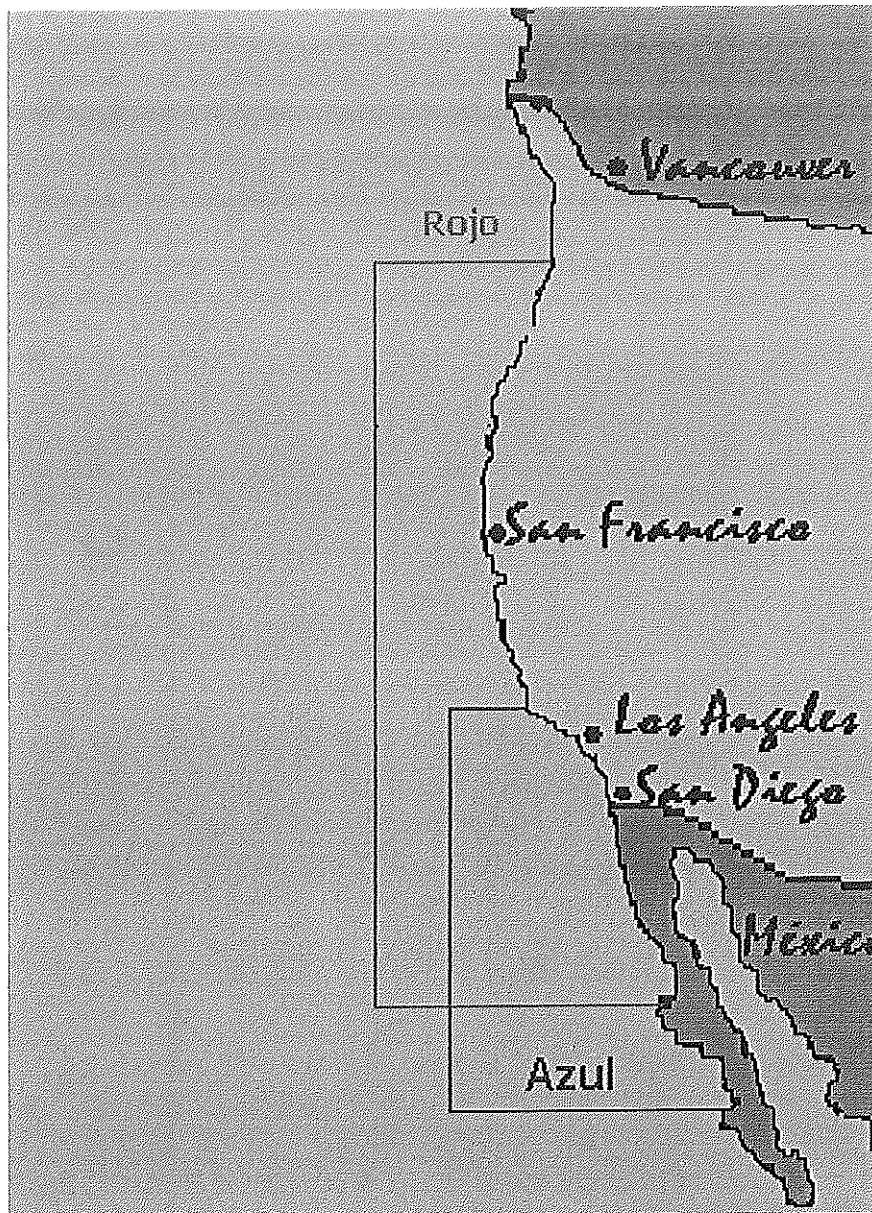


Fig.1. Distribución de los abulones rojo y azul, a lo largo de la costa del Pacífico. El abulón azul (green abalone) se distribuye desde Point Conception, California, hasta Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. (Modificado de <http://www.uct.ac.za/depts/zoology/abnet/namer.html> , 2002)

En los últimos años, se han llevado a cabo numerosos estudios para impulsar y mejorar la acuicultura del abulón en varias partes del mundo, y de esta manera satisfacer su demanda (Pérez- Muñoz,1995; Vélez-Espino,1999). Tal es el caso del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), en cuyo departamento de Acuicultura, Biotecnología Marina, se llevó a cabo la presente tesis.

Muchos factores intervienen en el crecimiento del abulón, incluyendo la salinidad, la densidad, la alimentación, y la temperatura, así como otras condiciones de cultivo (Hahn, 1989 ; Valdés-Urriolagoitia, 2000). Es por ello que es una prioridad la definición de los requerimientos ambientales óptimos dentro de un cultivo, de esta manera los costos de producción disminuyen mientras mayor es el crecimiento (Valdés-Urriolagoitia, 2000).

De estos factores ambientales la temperatura es determinante, debido a que puede afectar directamente los procesos fisiológicos. Un incremento en la temperatura produce un incremento tanto en el consumo de oxígeno, como en los procesos metabólicos (Schmidt-Nielsen,1979).

Los estudios detallados sobre la respuesta fisiológica del abulón a la temperatura son escasos (Díaz et al., 2000). Las respuestas a la temperatura

por parte de los organismos se pueden dividir en tolerancia, resistencia y preferencia (Jobling,1981).

El conocimiento de una temperatura de tolerancia y particularmente la temperatura óptima de crecimiento ayudaría a maximizar la producción y a evitar altas mortalidades en cultivo (Díaz et .al., 2000).

1.2 Antecedentes

El conocimiento de la temperatura preferida (TP) de los organismos y la temperatura crítica máxima (TCM) es una contribución importante para definir los requerimientos térmicos para esta clase de organismo, en particular como un método rápido para obtener una primera estimación de la temperatura optima de crecimiento (TOC) y para evaluar la aplicabilidad en cultivos a lo largo de la costa (Hecht,1994).

Esta establecido que los organismos evitan las temperaturas extremas, prefiriendo aquellas que favorecen su crecimiento y la reproducción (Díaz-Herrera, *et al*,1996).

Cuando se dispone de un gradiente térmico, los organismos se mueven gravitando dentro de un estrecho intervalo de temperaturas, llamado

temperatura preferencial (Reynolds y Casterlin, 1979). La velocidad en la que se mueven dentro del gradiente térmico va disminuyendo hasta que llegan a su TP. La cual pudiera reflejar el óptimo requerido para llevar a cabo algunos procesos metabólicos, movilidad, reproducción y crecimiento (Díaz-Herrera et al., 2000). El preferendum térmico es la temperatura en la cual los organismos dentro del gradiente térmico, se congregan y pasan la mayor parte del tiempo. Fry en 1947 (Hecht, 1994, Díaz et al., 2000) definió el preferendum final como "la temperatura a la cual todos los individuos (de una especie dada) se congregarán al final sin importar la experiencia termal a la que hallan sido sometidos antes de ser introducidos en el gradiente" y "la temperatura a la cual la TP es igual a la temperatura de aclimatación (TA)".

El conocimiento de la TCM provee de un relevante índice ecológico ya que en la naturaleza el abulón se pudiera encontrar en temperaturas ambientales muy cercanas a los límites de tolerancia que pueden soportar debido a los cambios climáticos, si se pasa de esta barrera existe un costo fisiológico (Díaz *et al*, 2000). Es un parámetro esencial que tenemos que tomar en cuenta al momento de establecer la ubicación del cultivo y de la posibilidad de usar agua calentada por estaciones de energía (Jobling, 1981).

La TCM representa el límite térmico superior que puede soportar una especie dada, en la cual el abulón pierde su adhesión al sustrato (Hecht, 1994).

Si se rebasa este límite superior la muerte es inminente debido a que pudiera existir una desnaturalización de las proteínas, una coagulación termal de la sangre y un inadecuado abastecimiento de oxígeno. También pudiera deberse a los diferentes efectos de la temperatura sobre las reacciones metabólicas interdependientes o a los efectos de la temperatura sobre la estructura de la membrana (Schmidt-Nielsen,1979).

Las respuestas de los organismos a la temperatura está muy relacionado con la TA. Un cambio en la temperatura de aclimatación ocasiona un cambio en el límite de tolerancia, en el límite de resistencia y en la Temperatura crítica máxima (Jobling,1981).

Jobling (1981) obtuvo una ecuación para obtener la temperatura óptima de crecimiento utilizando datos publicados de TOC y TP en varias especies de peces. Con dichas temperaturas hizo una regresión lineal, obteniendo la ecuación:

$$(1) \quad \text{TOC} = (\text{TP} / 1.05) + 0.505$$

Hecht (1994), Gilroy y Edwards (1998) asumieron que la ecuación desarrollada por Jobling para peces es también válida para gasterópodos

marinos. Díaz et al., (2000) sostiene que dicha ecuación puede ser utilizada para obtener la TOC teórica en abulón rojo. La determinación de la temperatura óptima en abulón (utilizando la ecuación de Jobling, 1981) ha sido determinada en : *Haliotis midae* (Hecht, 1994), *Haliotis rufescens* (Diaz et al., 2000), *Haliotis laevigata* (Gilroy y Edwards,1998) y *Haliotis rubra* (Gilroy y Edwards,1998).

En el abulón azul, no han sido determinadas la TP y la TOC. Debido a la importancia que tiene dicha especie en la acuicultura Baja Californiana el propósito de éste trabajo de tesis es obtener la TP, la TCM y así como la TOC teórica mediante la utilización de la ecuación de Jobling, para dicha especie.

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Calcular la temperatura óptima de crecimiento del abulón azul *Haliotis fulgens* mediante la ecuación de Jobling (1981).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Reproducir los experimentos realizados por Díaz et al. (2000). Pero en esta ocasión con abulón azul : *Haliotis fulgens* .
- Estimar la temperatura preferida, así como esclarecer si existen diferencias significativas en las horas diurnas o nocturnas.
- Estimar la temperatura óptima de crecimiento y calcular su diferencia con respecto a la temperatura preferida.
- Determinar la temperatura crítica máxima para dicha especie.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 ACLIMATACION DE LOS ORGANISMOS

Fueron donados, por la empresa BC Abalone, 60 abulones de aproximadamente 3cm de longitud. Dicha empresa se localiza en el ejido Erendira, a 85 km al sur de la ciudad de Ensenada B.C., México. Fueron transportados por vía terrestre en una recipiente de unicel con gel. Inmediatamente después de recibirlos fueron colocados dentro del estanque inferior del sistema a temperatura ambiental (ver fig.2).

La aclimatación a la temperatura del laboratorio de ecofisiología (17.7 ± 1.5 °C) se llevo a cabo por un periodo de una semana previa al primer experimento de TP con el primer grupo de 15 organismos. Cada experimento de TP se efectuó con una semana de diferencia, debido a problemas con la disponibilidad del gradiente horizontal térmico. Por lo tanto, el segundo grupo fue aclimatado por dos semanas, el tercero por tres. Los estanques fueron provistos de aireación constante y a una tasa de recambio (19 l h). Para evitar que los animales fueran perturbados por la luz o por el movimiento en el laboratorio se sombrearon los estanques con mallas de color negro, además se colocaron laminas acanaladas de PVC. Los organismos fueron alimentados con *Macrocyctis pyrifera*.

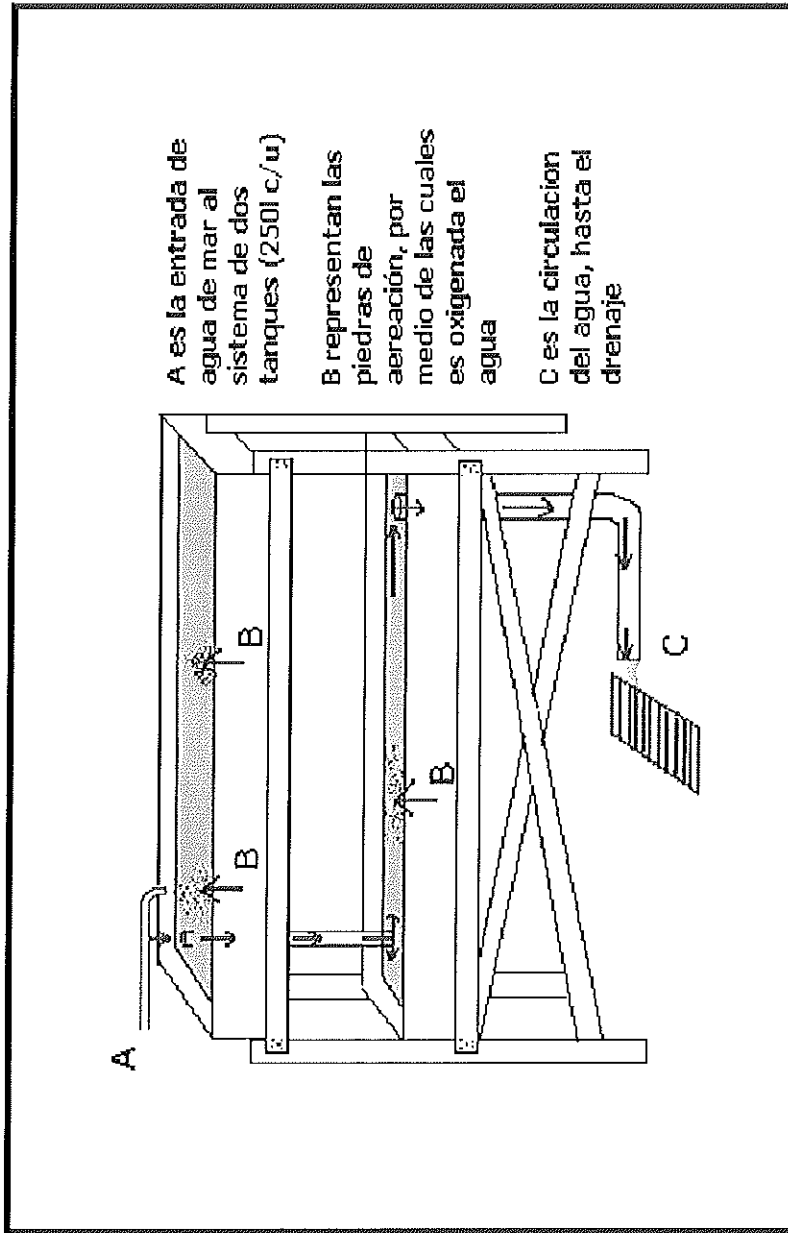


Fig.2. - Sistema de dos tanques de 250 litros de capacidad, donde se llevo a cabo la aclimatación previa al experimento del gradiente

2.2 MARCADO

Un día anterior a cada uno de los experimentos de la temperatura preferida, los organismos fueron enumerados en grupos de 15 del 1 al 45 y marcados con una etiqueta plástica circular de 1.5 cm de diámetro, colocada en la parte cóncava de la concha con pegamento instantáneo (cianoacrilato). Después del marcado se colocaron los grupos en charolas perforadas de plástico (24 x 34 x 8.5 cm), dentro de una bolsa de malla negra y no fueron alimentados durante 24 horas previas al experimento (Fig.3).

2.3 TEMPERATURA PREFERENCIAL

2.3.1. Descripción del gradiente horizontal térmico.

Se utilizó un gradiente horizontal térmico (Fig. 4) de 300 cm de longitud y 20 cm de diámetro, con 15 compartimientos. En el extremo derecho está conectado a un termostato Neslab (modelo HX 100) cuya función es bajar la temperatura del agua y del otro extremo está conectado a un calentador de titanio de 1000 W, de esta manera se forma un gradiente de temperaturas. La temperatura se programó en el termostato a 6 °C y de esta manera en la cámara uno la temperatura fue de 9.45 ± 0.58 °C y en la cámara 15 la temperatura se controló a 30.33 ± 1.04 °C.

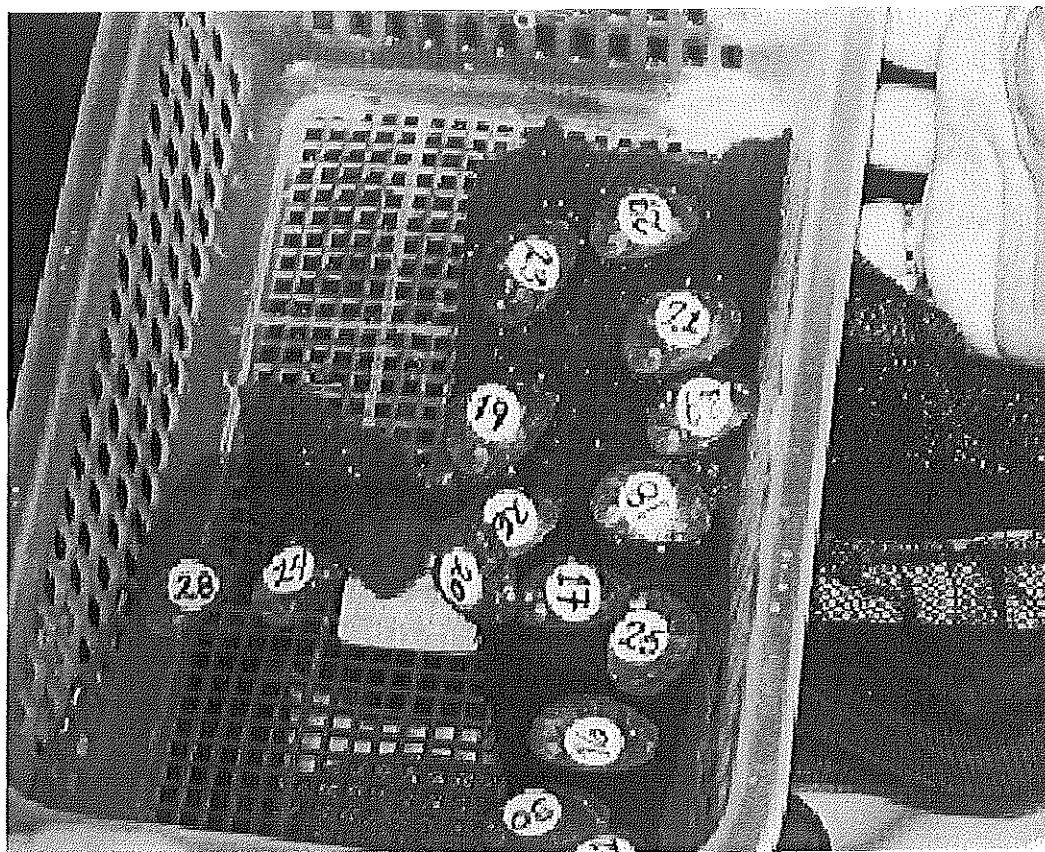


Fig. 3. Los abulones ya etiquetados se colocaron en bandejas perforadas de plástico y puestos dentro de una bolsa de malla.

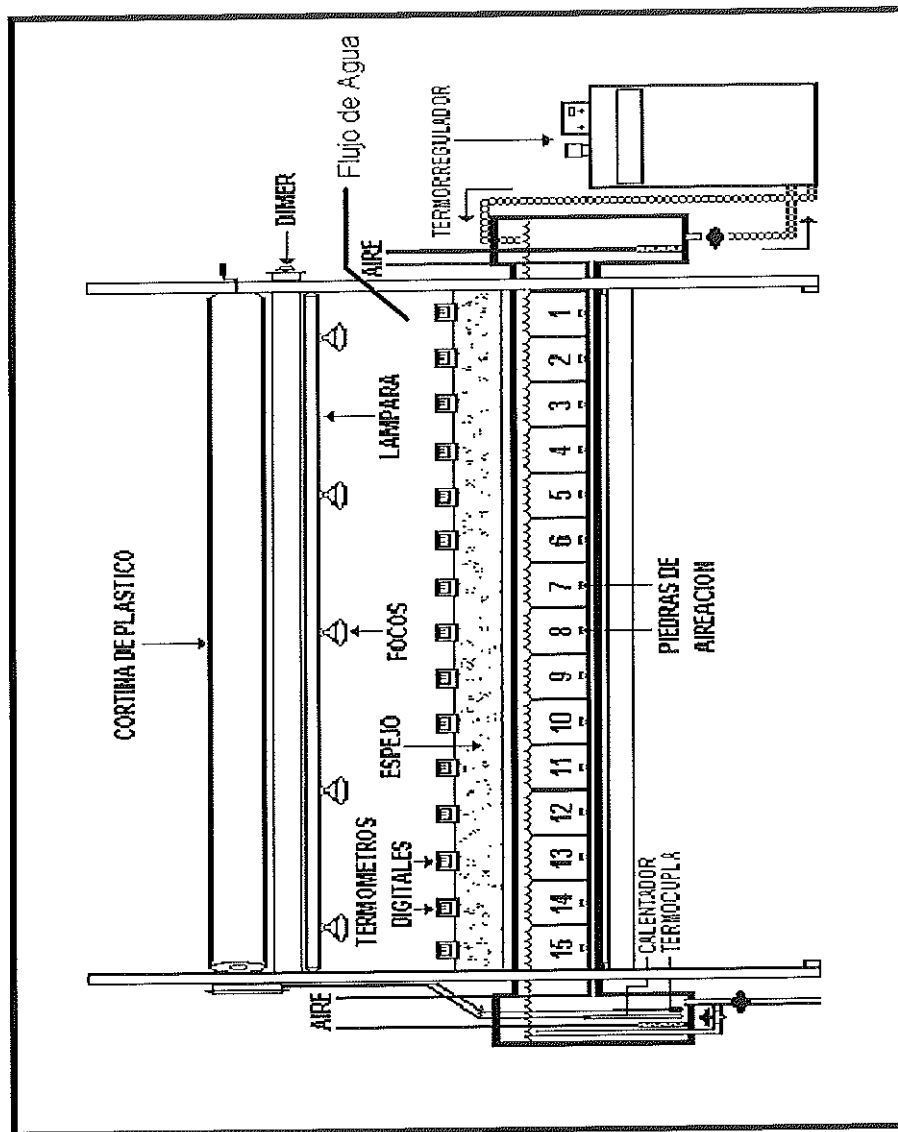


Figura 4 Diagrama del gradiente horizontal gravitacional termico

Se eliminó la estratificación que se forma por la diferencia de temperaturas, mediante el uso de piedras de aireación, mismas que se dispusieron a lo largo del fondo del gradiente horizontal, para proveer de oxígeno a la columna de agua. El gradiente fue provisto de un flujo de agua de mar constante, para tener un recambio de 180-200 ml / min.

A lo largo del gradiente horizontal térmico se encontraba dispuesta una línea con 5 focos de luz incandescente y dos lámparas de luz fluorescente, las cuales estuvieron encendidas en el día, y por la noche una línea con focos rojos fue encendida. Se asumió que la luz roja no es captada por los organismos y fue de gran utilidad a la hora de hacer las lecturas durante la noche.

Se midió el oxígeno con un oxímetro YSI52 con sensor polarográfico, dos veces en cada uno de los experimentos, una lectura en la mañana y otra por la noche. De igual manera fue medida la intensidad lumínica con un irradiómetro modelo QSL100. Dichas lecturas no fueron medidas en el segundo experimento por problemas con la disponibilidad de los aparatos.

Para evitar la perturbación de los animales por el movimiento humano en el laboratorio, se colocó a lo largo del gradiente una cortina negra plastificada.

2.3.2. Introducción de los organismos en el gradiente horizontal térmico.

Cada uno de los tres grupos de 15 abulones fueron colocados en el gradiente horizontal térmico (Fig. 5) dentro la cámara cuya temperatura fuera la más cercana a la temperatura de los estanques al momento de ser extraídos, con una semana de diferencia entre cada grupo. Los grupos experimentales se introdujeron a las cámaras cuyas temperaturas registraban 19.9 °C, 22.0 °C y 20.5 °C respectivamente. Cada hora se registro la ubicación de los organismos y la temperatura de las cámaras durante 24 horas. Una vez finalizado el experimento los animales fueron devueltos a los estanques para ser reaclimatados

2.3.3. Procesamiento de los datos de Temperatura Preferida

Primeramente, las temperaturas en cada cámara del gradiente a lo largo de los cuatro experimentos fueron ordenadas en una hoja de calculo, posteriormente fueron llevados al programa Jandel Sigma Stat, y se hizo una regresión lineal. Esto nos ayudó a visualizar la linealidad del gradiente térmico.

Posteriormente, en otra hoja de calculo se ordenaron los datos de la temperatura en la que se localizaron dentro de las cámaras a cada uno de los

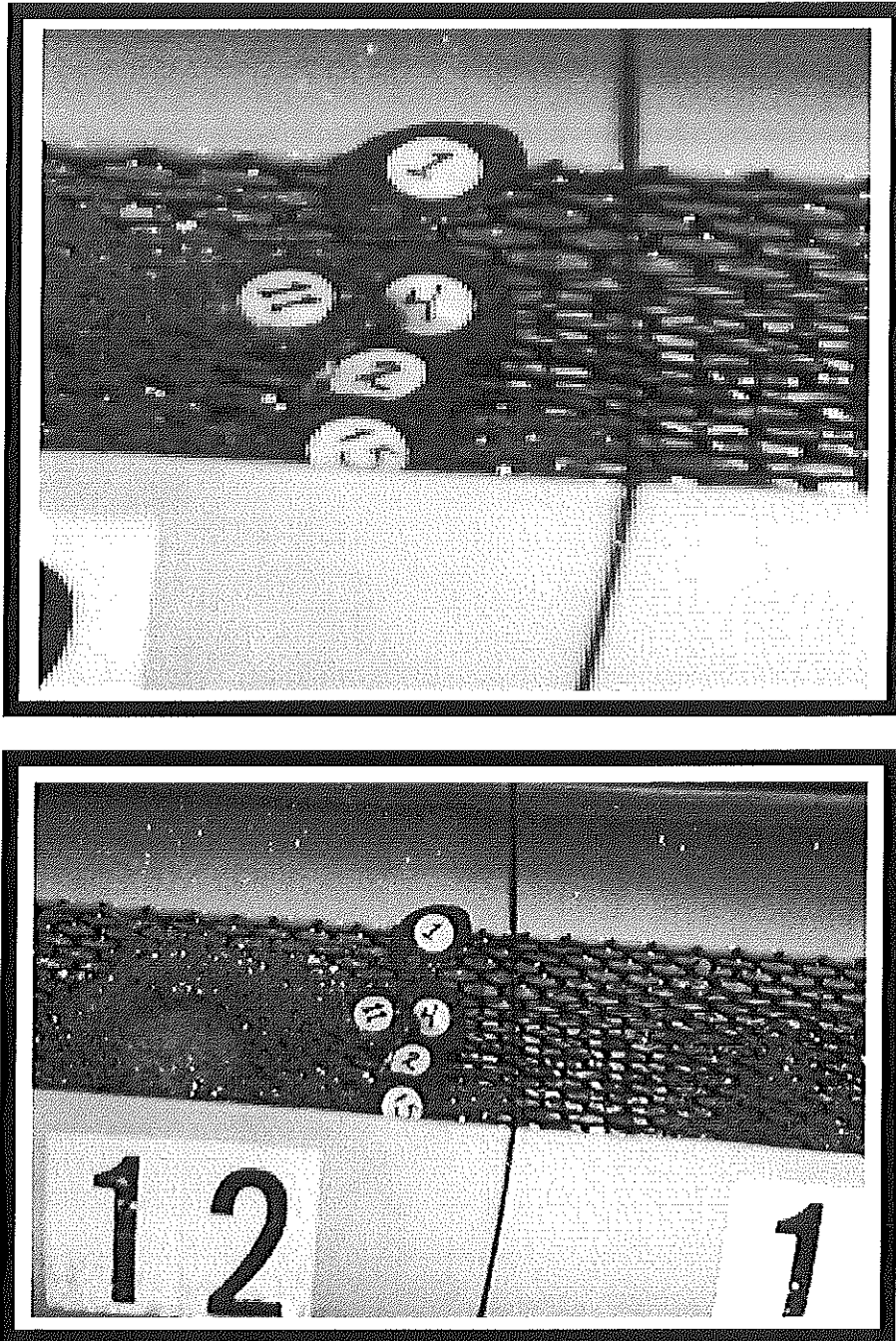


Fig. 5 (Superior) Vista de los abulones dentro del gradiente térmico. (Inferior). Abulones dentro del gradiente. Se puede observar como tienden a conglomerarse dentro de una cámara.

organismos (temperaturas preferidas) a una hora determinada. Esta información fue sometida a un análisis para obtener la estadística descriptiva utilizando paquetería de manejo de datos estadísticos: Jandel Sigma Stat. De esta manera fueron obtenidos la media, la desviación estándar, el error estándar, máximos y mínimos, mediana, y los cuartiles 1 y 3 .

Se calculó la mediana como medida de tendencia central, y con los datos de los cuartiles 1 y 3 se calcularon los intervalos de confianza de la mediana utilizando la fórmula:

$$I.C. = M \pm (1.58\Delta H) / \sqrt{n}$$

Donde:

I.C. = Intervalo de confianza

M = Mediana

1.58= Constante

ΔH = Es la amplitud de la caja y corresponde a la diferencia entre (cuartil 3 – cuartil 1)

n = número de organismos

Las temperaturas preferidas se graficaron en cajas paralelas para cada uno de los grupos (Jandel Sigma Plot), los intervalos de confianza de las medianas también fueron graficados. Las TP de los 3 grupos fueron

comparadas mediante un análisis de varianza de Kruskal- Wallis. Para probar si existían diferencias significativas entre las TP en el día y la noche, éstas fueron comparadas con una prueba de Mann-Whitney.

Por ultimo al probar que no hubo diferencia significativa entre las temperaturas preferidas de los grupos, éstas fueron agrupadas y graficadas en conjunto.

2.3.4. Velocidad de desplazamiento.

Cada cámara o compartimiento tiene una longitud de 20 cm en el gradiente. Para determinar la velocidad de desplazamiento de cada uno de los organismos se tomo su ubicación cada hora, de esta manera se obtuvo la distancia que recorrieron. Con esos datos se hizo una gráfica de velocidad de desplazamiento.

2.3.5. Biometría

Después de cada experimento a cada uno de los animales se le eliminó el exceso de agua con papel secante, para ser pesados en una balanza de precisión además se midió su ancho y su largo (Fig.6) .

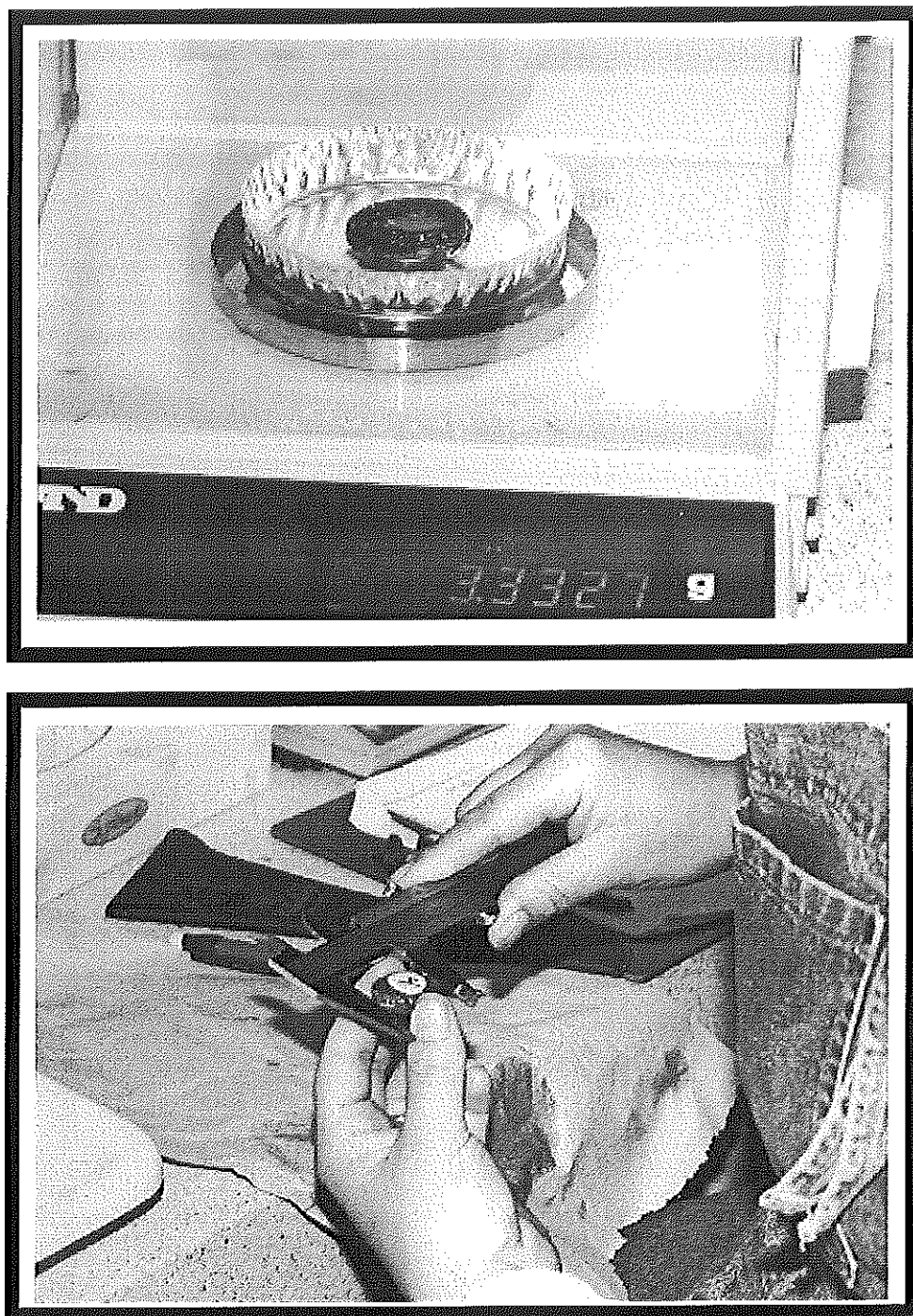


Fig.6 .- (Superior) El pesado de los organismos se hizo con una balanza de precisión. Para medir la longitud se utilizó un Vernier (Inferior).

2.4. Temperatura Óptima de Crecimiento

La temperatura óptima de crecimiento teórica se calculó por medio de la ecuación (1) propuesta por Jobling (1981) y siguiendo la metodología de Díaz *et al.*,2000). El uso de esta ecuación previamente utilizada en peces, será discutida ampliamente más adelante.

2.5. Temperatura Crítica Máxima

2.5.1. Aclimatación a la Temperatura Preferida

Antes de llevar a cabo los experimentos de temperatura crítica máxima se decidió aclimatar cuatro grupos de 15 organismos a 24 °C durante 21 días, debido a que a diferencia de los experimentos del gradiente térmico, donde la historia térmica de los organismos no afectaba su comportamiento dentro del gradiente, en la Temperatura Crítica Máxima si modifica su respuesta. De esta forma se complemento la información de la temperatura óptima de crecimiento obtenida en este estudio con su respectiva temperatura crítica máxima.

2.5.2. Etapa experimental

Este experimento tuvo una duración de dos días, en los cuales se acondicionaron dos acuarios donde se introdujeron los cuatro grupos de abulones. Durante esta etapa se presentó mortandad debido al manejo, por lo tanto algunos grupos estuvieron incompletos. El primero y segundo grupo fueron de 12 elementos cada uno, el tercero de 14 y el cuarto se conservó con 15.

Cada acuario de 60 lts. fue llenado con agua de mar, provistos de una piedra de aireación, un calentador de titanio de 1000 watts, una termocupla conectada a un regulador manual de temperatura, un termómetro de mercurio y una placa de vidrio donde fueron colocados los organismos (Fig.7).

Los organismos no fueron alimentados 24 horas antes del experimento. La temperatura a la que se introdujeron en el acuario fue la temperatura preferida, los organismos se acondicionaron en las placas toda la noche para su aclimatación. La temperatura se elevó poco a poco a una tasa de 1°C por cada 30 minutos de la temperatura inicial, de esta manera los organismos se acondicionaron a los incrementos graduales de la temperatura. El tiempo y la temperatura en la que los organismos se fueron desprendiendo de la placa de vidrio fueron registrados. Inmediatamente después el animal se regresó al estanque de 250 l para su recuperación.

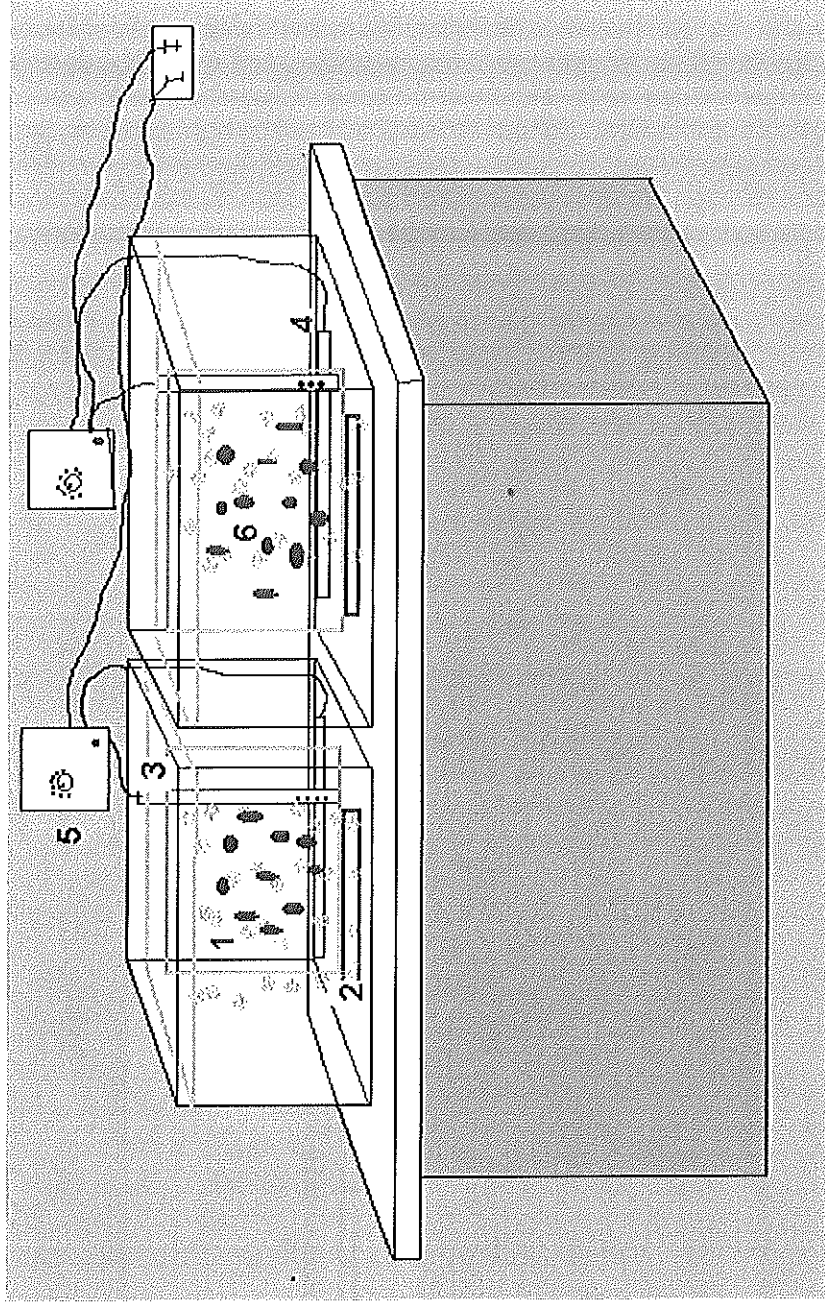


Fig.7.-Esquema que muestra los dos acuarios de 50 litros de capacidad cada uno. El cuadro de color gris (1) representa la placa de vidrio donde estuvieron adheridos los organismos. (2) son piedras de aireación. (3) termocupla. (4) calentón de 1000 watts, conectado a un regulador manual de temperatura (5).

2.5.3 Procesamiento de los datos de Temperatura Crítica Máxima.

Se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis a los porcentajes de los abulones adheridos a la placa de vidrio, para encontrar diferencias significativas entre grupos (Jandel Sigma Stat). Se agruparon los datos de los porcentajes de los cuatro grupos de organismos adheridos a las placas con respecto a los incrementos de la temperatura fueron graficados (Jandel Sigma Plot). De acuerdo al procedimiento de Hecht (1994), se hizo una regresión lineal de los porcentajes a partir de que se presenta la desorientación total (desprendimiento de la placa de vidrio) de los individuos de los grupos y finalmente se calculó la temperatura crítica máxima del 50% utilizando la ecuación de regresión lineal.

3. RESULTADOS

3.1 Preferendum térmico

3.1.1 Temperatura de las cámaras del gradiente horizontal térmico.

Las temperaturas fueron registradas y con los datos se hizo una regresión lineal. La ecuación de regresión lineal es $Y = 6.99 + 1.39 X$. Los datos tuvieron una correlación alta, de 0.969, con un alfa de 0.05 (Fig. 8).

3.1.2 Luz y Concentración de Oxígeno en las cámaras del gradiente durante los experimentos.

La concentración de oxígeno disuelto fue mayor en la cámara 1 con un promedio de 9.4 mg/L. Mientras que la menor concentración de oxígeno promedio de 5.4 mg/L fue en la cámara 15.

Los promedios de la intensidad lumínica fueron de 0.42×10^{15} quanta $s^{-1}cm^{-2}$ para el día, y 0.23×10^{15} quanta $s^{-1}cm^{-2}$ para la noche.

Se les aplicó una prueba de Wilcoxon (Jandel Sigma Stat) a las intensidades lumínicas de los tres experimentos en los que se hicieron las lecturas. Con un alfa de 0.05, y aprobando la prueba de normalidad, se

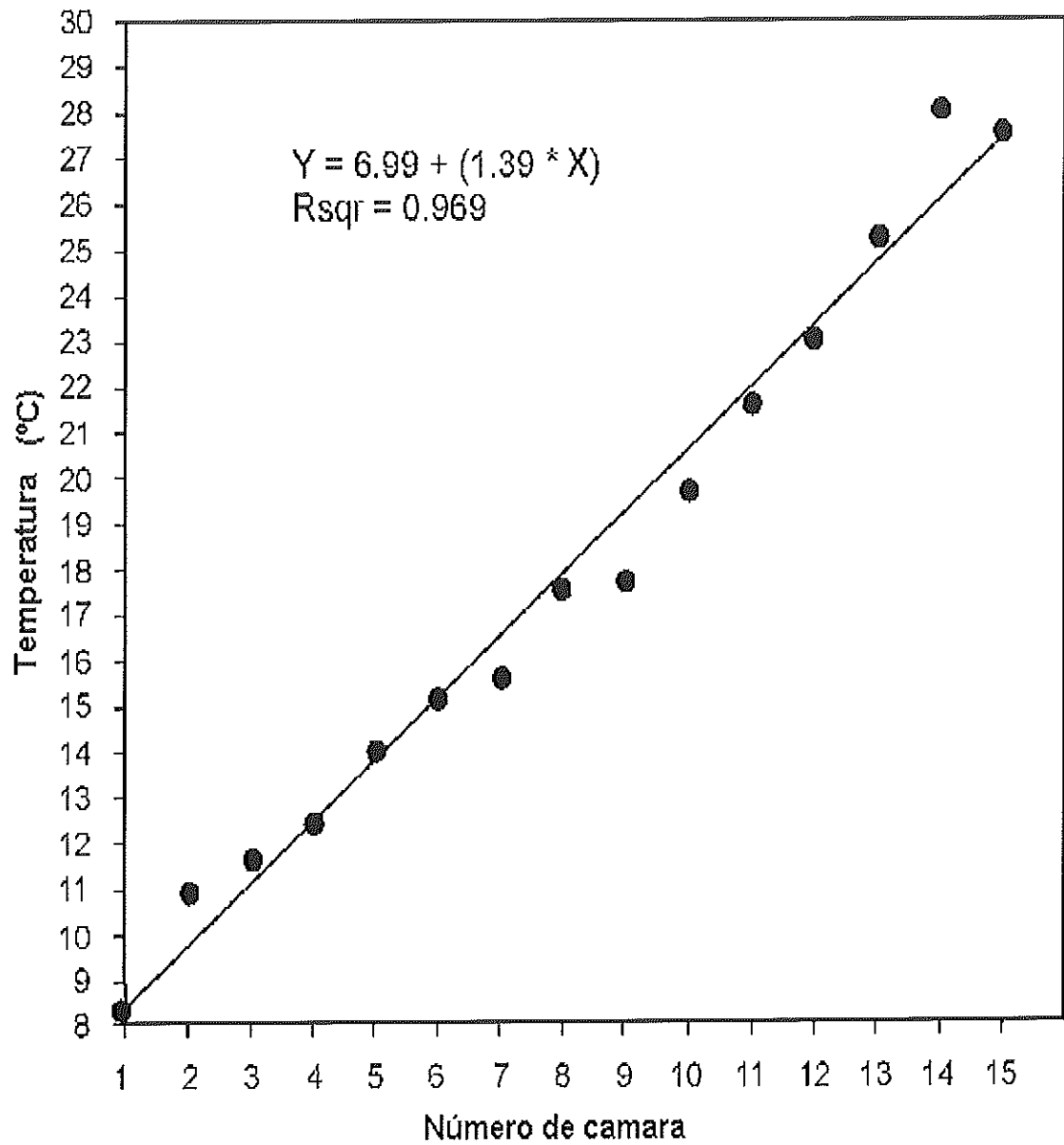


Figura 8.- Regresión lineal de las temperaturas de las cámaras del gradiente horizontal térmico. En el eje "x" las 15 cámaras y en el eje "y" las temperaturas promedio de las cámaras.

encontraron diferencias significativas entre las intensidades lumínicas de día y las intensidades lumínicas en la noche.

3.1.3 Temperatura preferencial.

Se obtuvo la estadística descriptiva de cada grupo por separado (Jandel Sigma Stat) y con los datos de las medianas se obtuvo la temperatura preferida de cada grupo (Tabla II).

Tabla I.- Temperaturas preferidas por grupos. TP Ciclo diurno es el promedio de las medianas de las TP de los grupos durante todo el ciclo diurno. TP Día es el promedio de las TP de los grupos durante el día, y de igual manera TP de noche. TP Máxima y TP Mínima son los máximos y mínimos de las temperaturas preferidas durante el ciclo diurno.

Grupo	TP Ciclo Diurno °C	TP Día °C	TP Noche °C	TP Máxima °C	TP Mínima °C
1-15	25.4±0.8	25.5±1.2	25.3±0.5	29.7	22.4
16-30	26.6±1.9	26.9±2.7	26.3±1.2	35.4	21.8
31-45	23.7±0.8	23.8±0.8	23.6±0.8	28.4	16.6

El primer grupo fue introducido a la cámara con la temperatura de 19.9°C (Cámara 10), a la siguiente hora, el 50% de los organismos se movieron a una temperatura mucho mayor (26.4°C), a la siguiente hora suben a una temperatura de 27.6°C en ese momento se observa como se ampliaron los

intervalos de confianza de las medianas. Una hora después se movieron a temperaturas menos altas, hasta llegar a una temperatura de 24.1°C. seguido de esto, el 50% de los organismos se mantuvieron en un intervalo entre 24 y 25.9°C (Fig.9). La TP de este grupo de organismos fue de 25.4±0.8°C.

La prueba de Mann-Whitney que se les aplicó a las temperaturas preferidas de día y de noche, para este grupo, demostró con un $\alpha = 0.05$, que no hubo diferencia significativa entre dichas temperaturas.

El segundo grupo fue introducido a la cámara 11, cuya temperatura registraba 22.0 °C al momento de introducir a los organismos al gradiente horizontal térmico. Al transcurrir la primera hora, los organismos se movieron a temperaturas mayores que la temperatura de aclimatación (30.3°C), dos horas después llegan a 30.6°C y a partir de este momento se ve como se movieron a temperaturas mas bajas en donde se mantuvieron en un intervalo entre 24 y 25.5°C. A la 1:00 am los organismos mostraron actividad nuevamente gravitando hacia temperaturas mayores, en las cuales se mantuvieron hasta finalizado el experimento (Fig.10). La TP de un ciclo diurno de el segundo grupo fue 26.6±1.9°C.

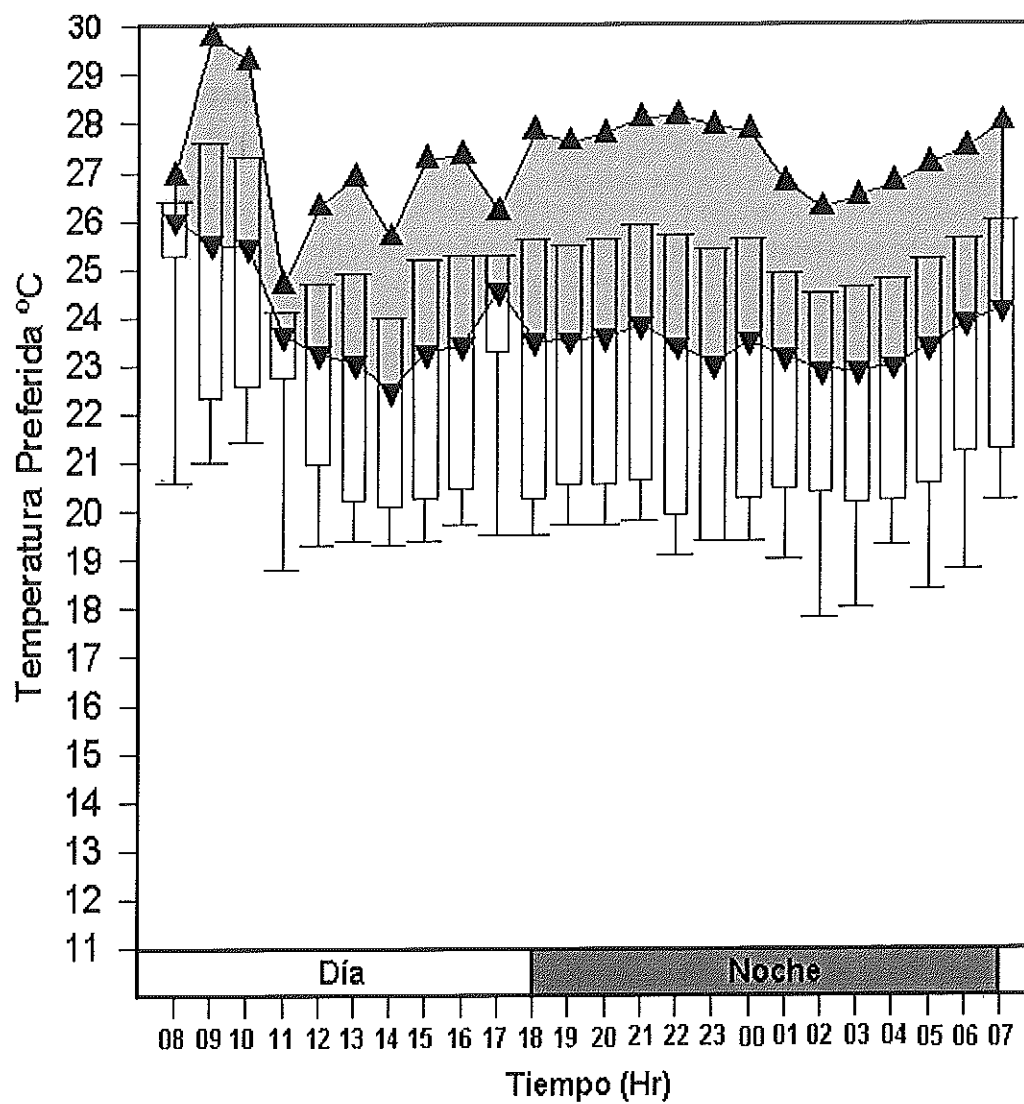


Fig.9.- Gráfica de temperatura preferida para el primer grupo de abulones (*Haliotis fulgens*), introducidos al gradiente. La zona sombreada, limitada por triángulos representa los intervalos de las medianas con un 95% de confianza. Las cajas representan el 50% de los organismos.

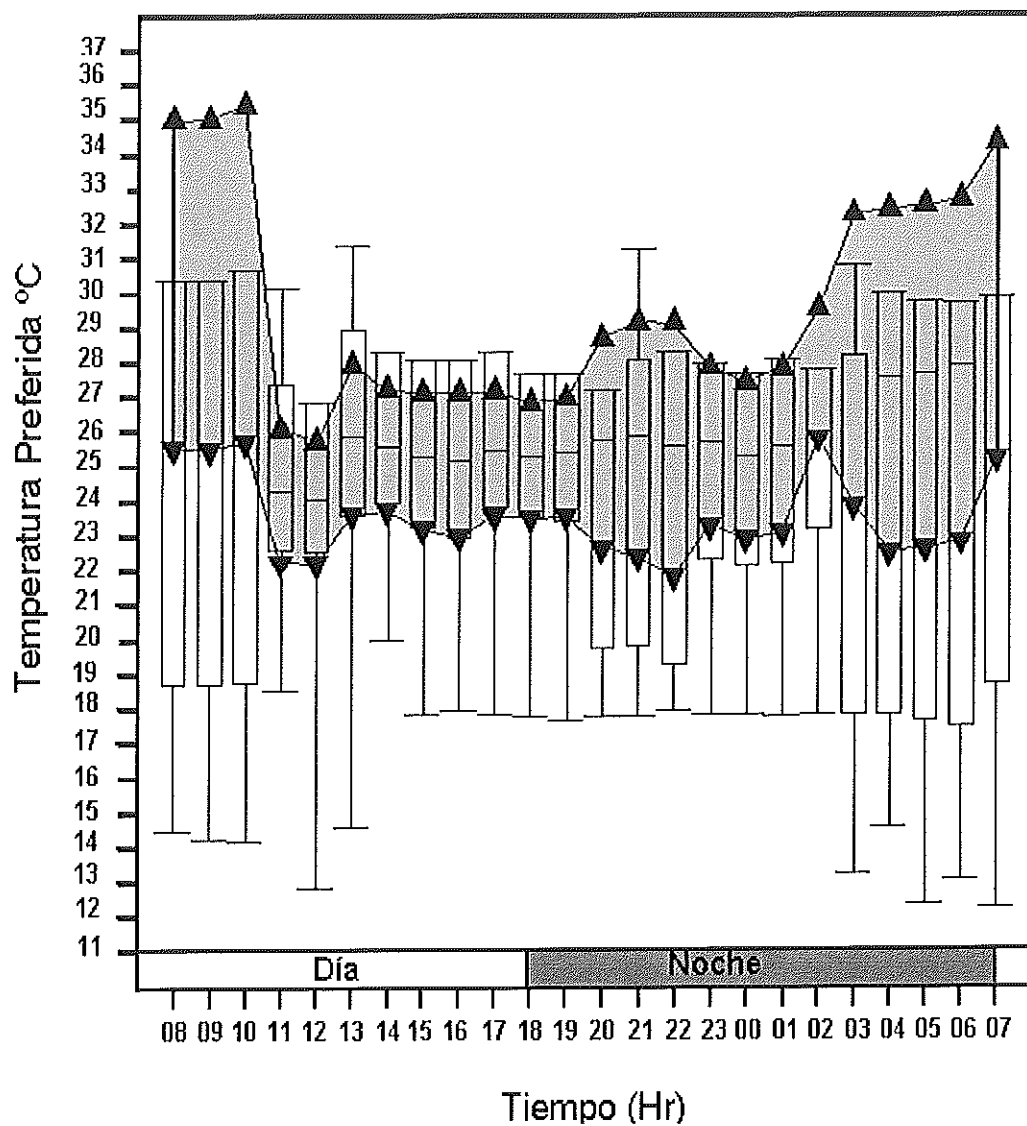


Fig.10.-Gráfica de temperatura preferida para el segundo grupo de abulones (*Haliotis fulgens*), introducidos al gradiente. La zona sombreada, limitada por triángulos representa los intervalos de las medianas con un 95% de confianza. Las cajas representan el 50% de los organismos

La prueba de Mann-Whitney que se les aplicó a las temperaturas preferidas de día y de noche, del segundo grupo, demostró que no hubo diferencia significativa entre dichas temperaturas.

El tercer y último grupo se introdujo a una temperatura de 20.5°C. Después de la primera hora el 50% de los organismos del grupo se trasladaron a una temperatura más alta (22.8°C). La temperatura que prefirieron los organismos en este experimento no presentó una variabilidad significativa. La temperatura preferida del tercer grupo fue de 23.7 ± 0.8 °C (Fig.11).

La prueba de Mann-Whitney que se les aplicó a las temperaturas preferidas de día y de noche, del tercer grupo, demostró que no hubo diferencia significativa entre dichas temperaturas.

La TP , que resulto del promedio de las TP de los 3 grupos fue de 25.23 ± 1.79 °C.

Se les aplicó un análisis de Kruskal-Wallis para observar las diferencias entre las temperaturas preferidas por los grupos de abulones. Con un $\alpha = 0.05$, no se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas preferidas de los grupos.

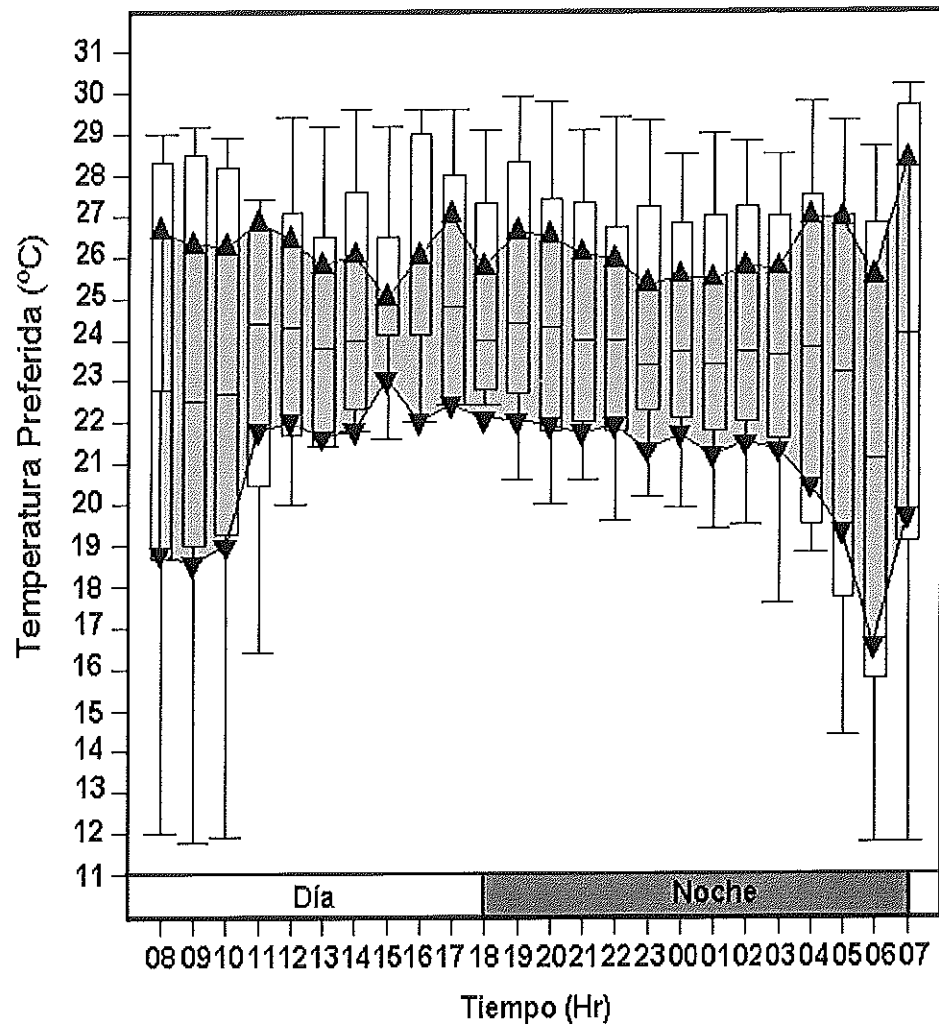


Fig.11.-Gráfica de temperatura preferida para el tercer grupo de abulones (*Haliotis fulgens*), introducidos al gradiente. La zona sombreada, limitada por triángulos representa los intervalos de las medianas con un 95% de confianza. Las cajas representan el 50% de los organismos

Siguiendo la metodología descrita por Díaz et al.,2000, y al no existir diferencias significativas en las temperaturas preferidas de los grupos, las TP de los grupos por hora, fueron agrupadas e introducidas al programa Jandel Sigma Stat para realizarles la estadística descriptiva, y con los 45 organismos tener una gráfica que mostrara el comportamiento en el gradiente de todos ellos, con la reserva de que no fueron introducidos al mismo tiempo en el gradiente.

La TP para el ciclo diurno obtenida con el promedio de las TP de los 45 organismos agrupados fue de 25.34 ± 0.87 °C, la cuál fue muy parecida a la TP calculada con el promedio de las TP de cada grupo.

La TPN del conjunto de 45 organismos fue de 25.23 ± 0.41 , mientras que la TPD fue de 25.47 ± 1.22 . La prueba de Mann-Whitney indicó que no existió diferencia significativa entre las TPD y las TPN.

Se puede observar en la figura 12, que el 50% de los organismos, primero viajaron a temperaturas más cálidas (26.4°C) llegando hasta 27.6°C y se trasladaron hasta establecerse a temperaturas entre 24 y 25.8°C durante el resto del experimento. Tal y como se habían comportado en los grupos por separado.

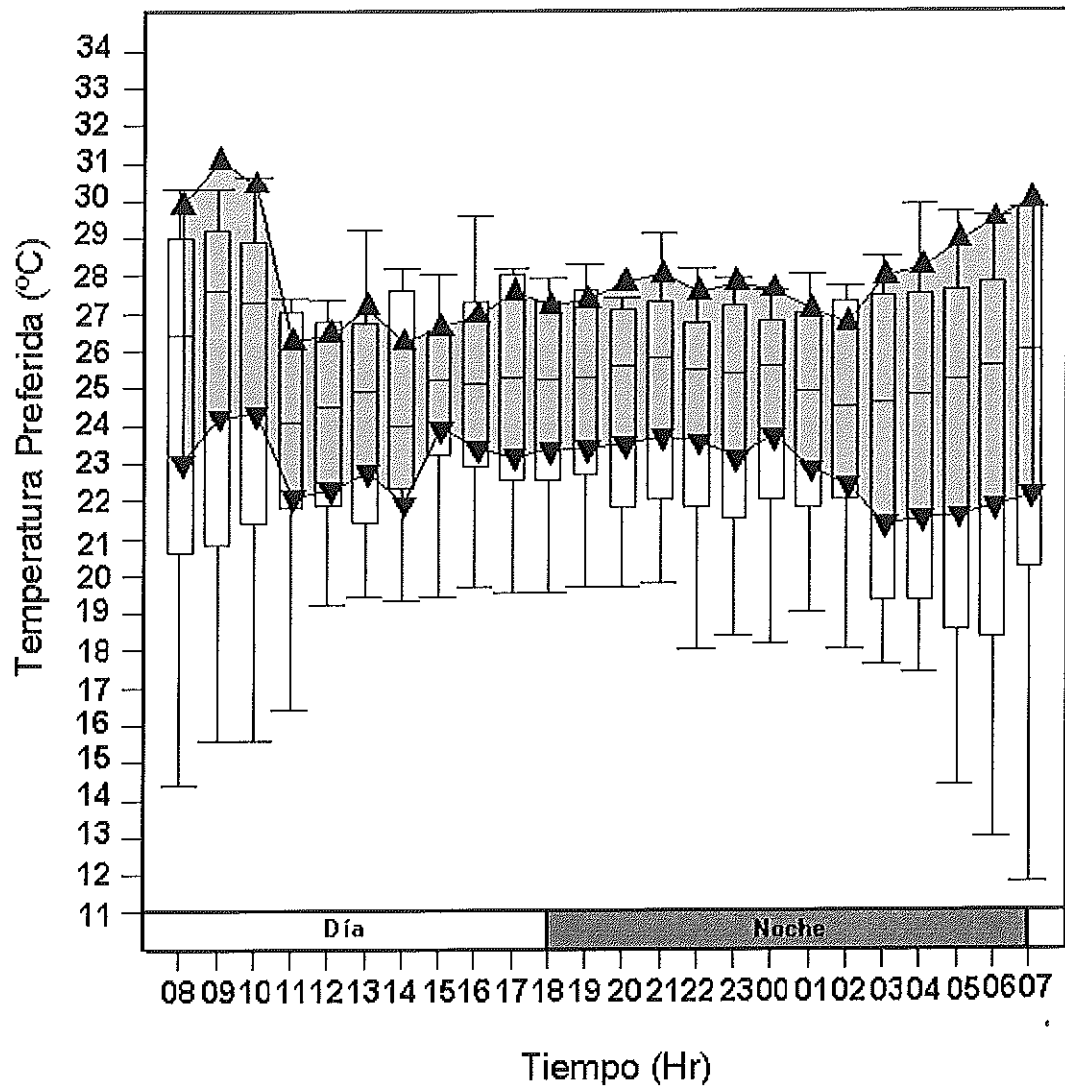


Fig.12.-Gráfica de temperatura preferida del grupo de 45 abulones (*Haliotis fulgens*), introducidos al gradiente. La zona sombreada, limitada por triángulos representa los intervalos de las medianas con un 95% de confianza. Las cajas representan el 50% de los organismos

El 50% de los organismos permanecieron en temperaturas mayores a la de aclimatación entre 24 – 27.6 °C. No se vio una relación entre las temperaturas de aclimatación y las temperaturas preferidas de los organismos.

3.1.4. Velocidad de desplazamiento de los organismos.

En los tres grupos, la mayor velocidad de desplazamiento (VD) se registró después de transcurrir la primera hora de iniciado el experimento.

La VD máxima del primer grupo fue de 37.3 cm/h transcurrida la primera hora. Una hora después ocurrió un descenso muy pronunciado hasta llegar a una velocidad de 7.33 13 cm/h. A partir de la tercer hora los organismos los desplazamientos fueron muy pequeños, las VD durante hasta las 22 horas presentaron un aumento en su actividad alcanzando una velocidad de 12 cm/h. A partir de este momento las velocidades variaron de 1.33 a 4 cm/h (Fig.13).

La VD máxima del segundo grupo, a la transcurrir las primera hora fue de 38.7 cm/h (Fig.14). Una hora después, la velocidad bajó considerablemente a 14.7 cm/h y a 16 a la cuarta hora. A partir de estos momentos los organismos se desplazaron a distancias muy pequeñas, conservando sus velocidades dentro de un intervalo de 0 a 6.67cm/h. A partir de las 22 horas este grupo de organismos de igual manera que el primer grupo,

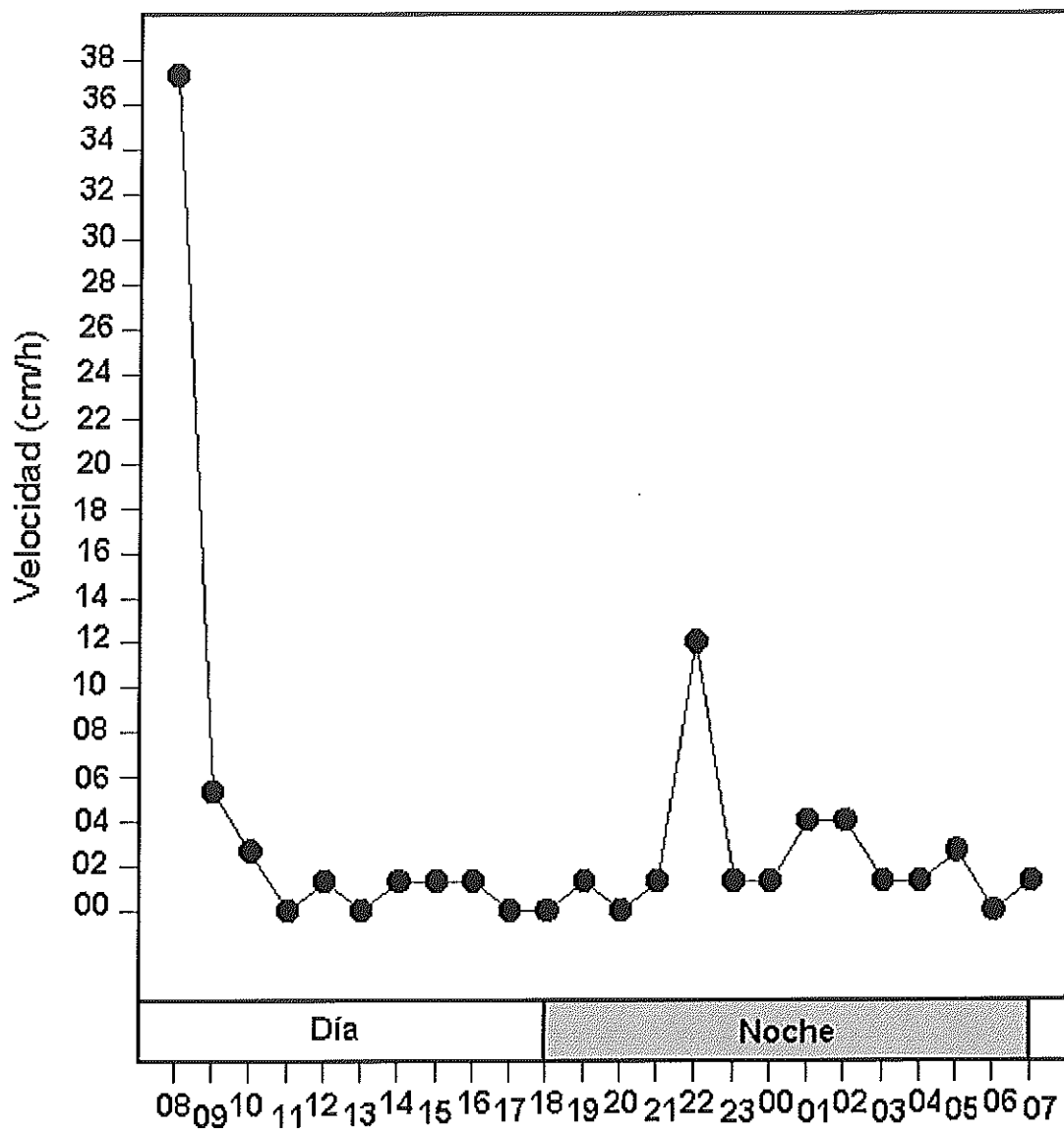


Fig. 13.- Desplazamiento del primer grupo de abulones durante un ciclo diurno dentro del gradiente térmico.

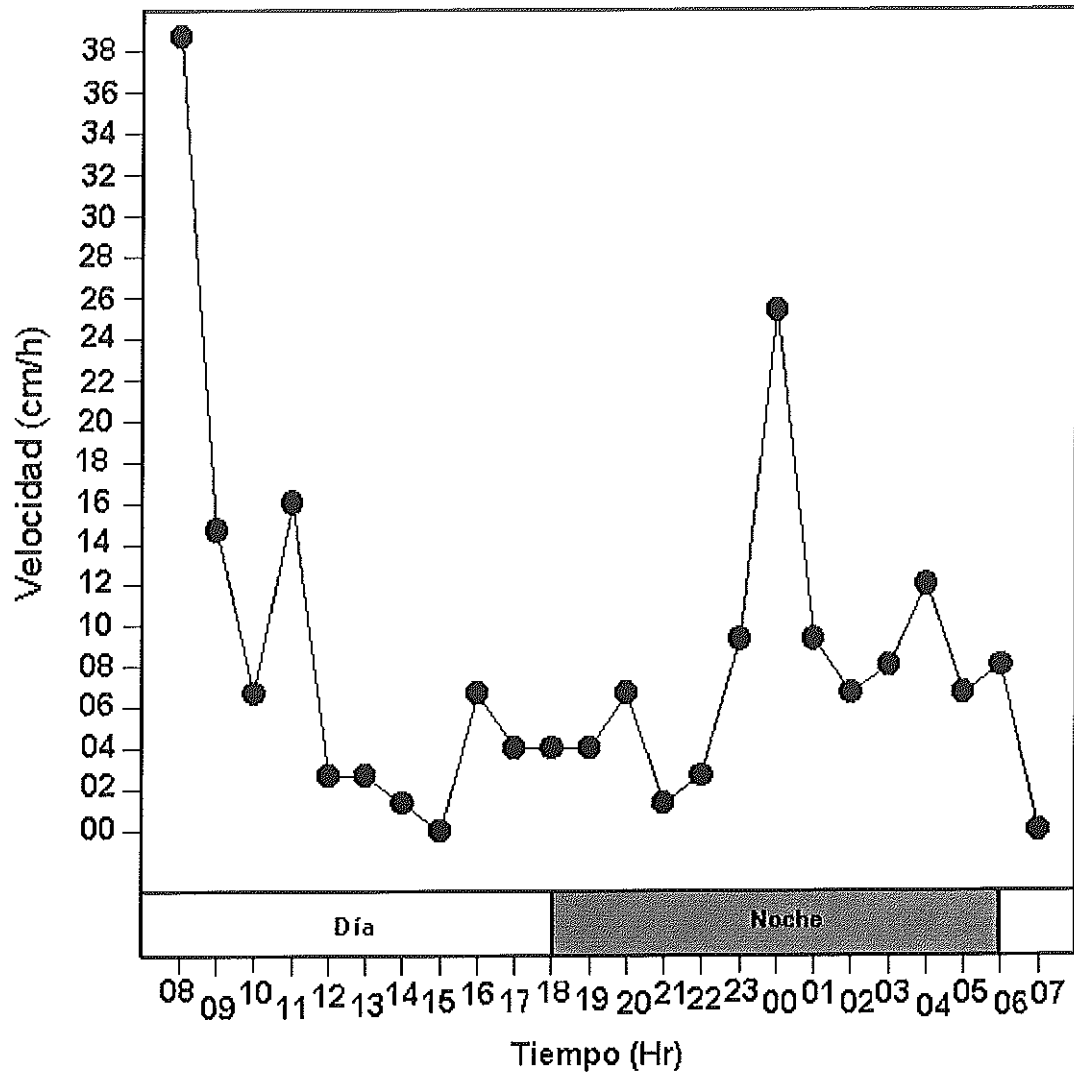


Fig. 14.- Desplazamiento del segundo grupo de abulones durante un ciclo diurno dentro del gradiente térmico.

los organismos se activan nuevamente hasta el amanecer.

El tercer grupo presentó el mismo comportamiento de los dos grupos anteriores. A partir de la primera hora de iniciado el experimento, al VD máxima es la mayor de los tres grupos; alcanzando la velocidad de 43 cm/h. Después de este momento empiezan a bajar su velocidad hasta llegar a 4 cm/h. Desde este momento, la velocidad de desplazamiento oscila alrededor de 0 a 6 cm/h. Lo cual indica que a al iniciar la segunda hora de iniciado el experimento, ellos encuentran su temperatura preferida. Después de la 1:00 a.m. los organismos nuevamente empiezan a aumentar su velocidad hasta al amanecer (Fig.15).

Las velocidades de desplazamiento promedio de los tres grupos también fueron graficadas, debido a que en los tres casos, los organismos primeramente se movieron rápidamente a temperaturas mayores a su temperatura de aclimatación para posteriormente establecerse a temperaturas menores, y por último por la noche presentaron una actividad considerable hasta el amanecer. (Fig.16)

3.1.5. Temperatura Óptima de Crecimiento

Se utilizó la ecuación de Jobling para estimar la Temperatura Óptima de Crecimiento para el abulón azul, encontrando un valor para ésta última de

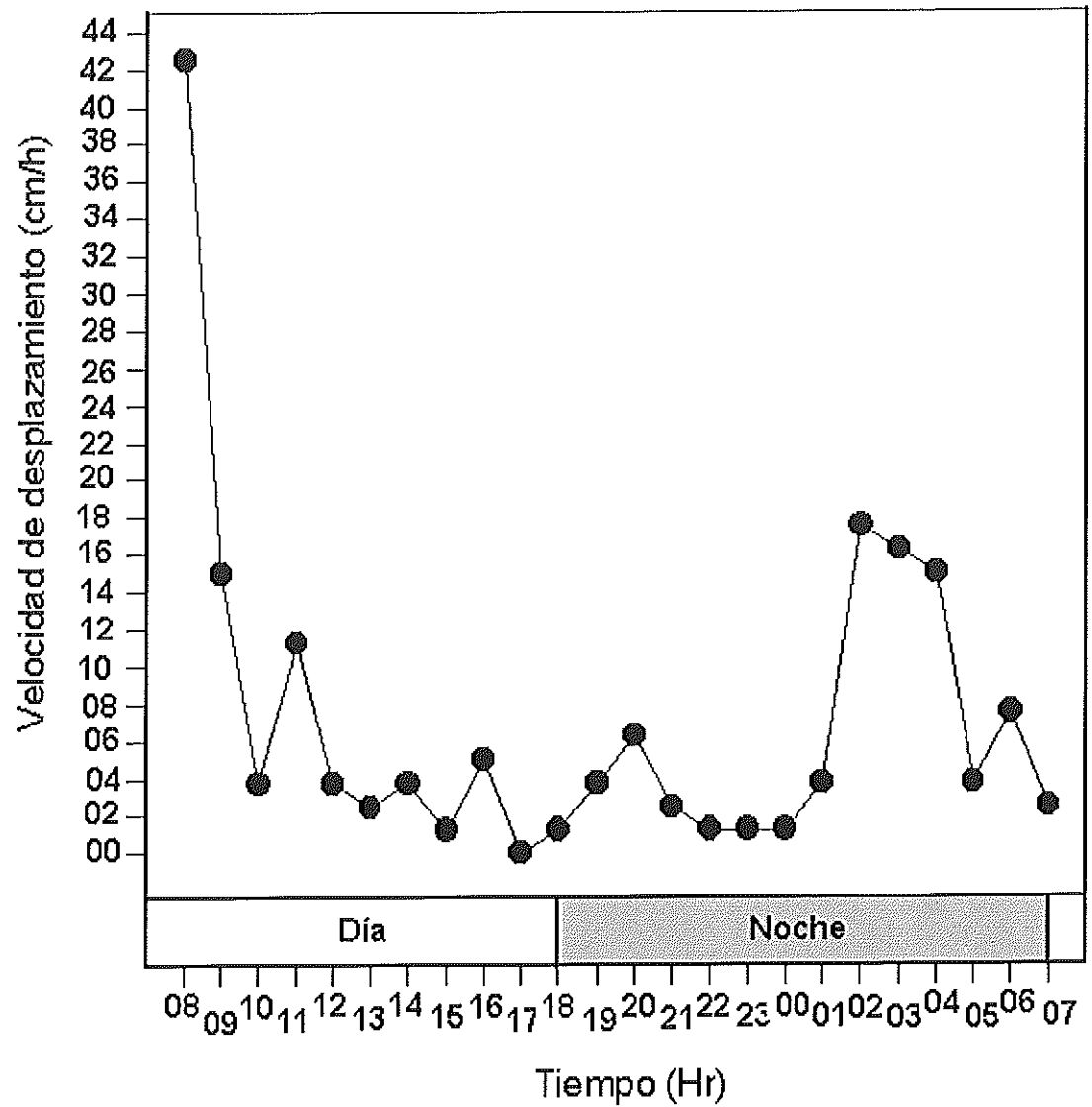


Fig. 15.- Desplazamiento del tercer grupo de abulones durante un ciclo diurno dentro del gradiente térmico.

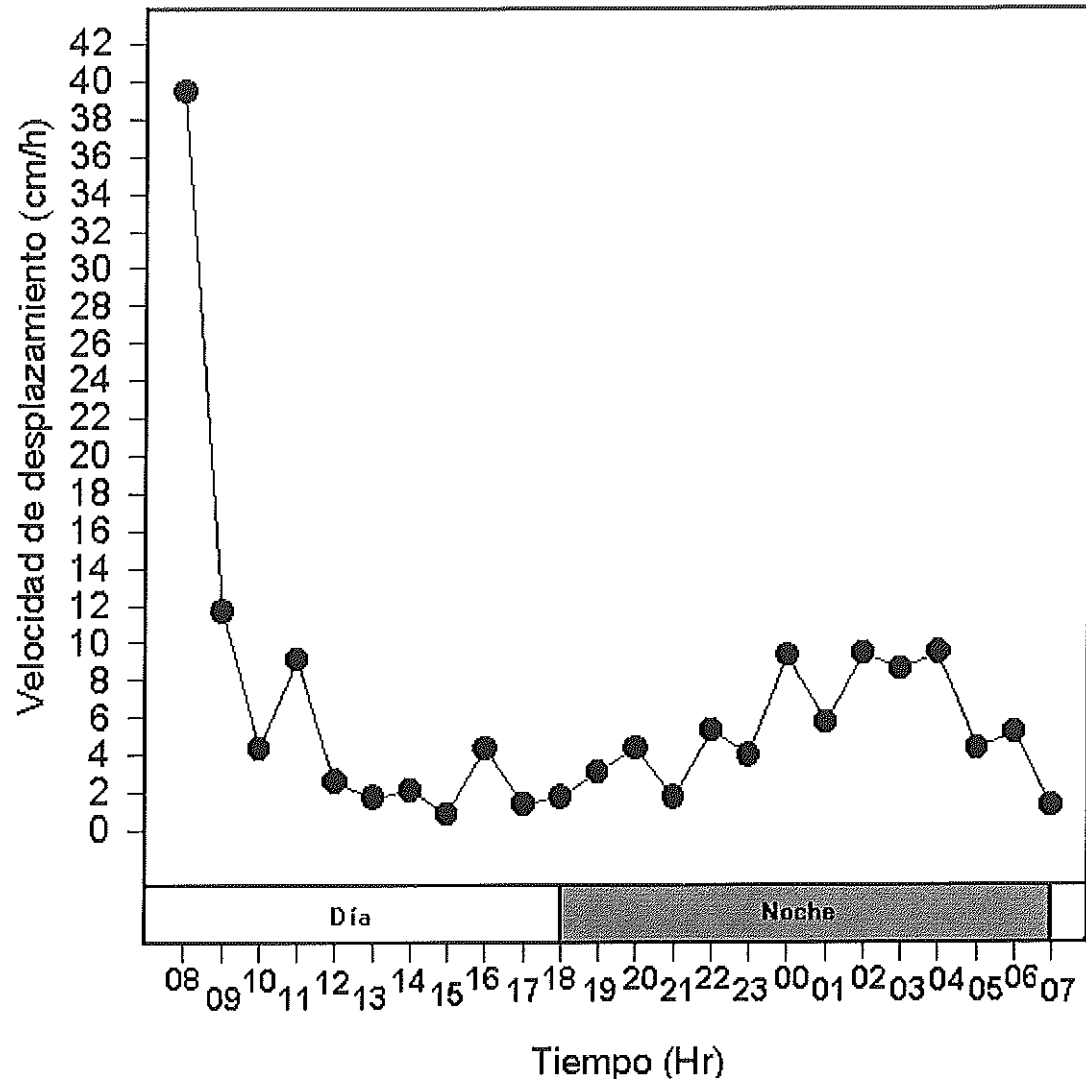


Fig. 16.- Desplazamiento del conjunto de 45 abulones durante un ciclo diurno dentro del gradiente térmico.

24.63 ± 1.33°C. Ésta temperatura fue obtenida con la TP del conjunto de 45 organismos, debido a que no existió diferencia significativa con el promedio de los tres grupos por separado. La diferencia entre la TOC y la TP fue de 0.71°C.

3.2. Longitud y peso húmedo.

La longitud promedio fue de 29.9 ±1.73 mm., y el peso húmedo promedio fue de 3.17 ± 0.35 g

3.3. Temperatura Crítica Máxima.

La respuesta de los organismos a los incrementos de la temperatura fueron perceptibles a partir de los 31 °C. Al llegar a dicha temperatura los organismos empezaron a mostrar los tentáculos completamente abiertos. A los 33 °C empiezan a moverse sobre su mismo eje, a levantar la concha y exponer el manto y casi inmediatamente después se desprenden de la placa de vidrio. El primer desprendimiento total fue registrado a 33 °C y el último fue a 35 °C.

También se observó una gran cantidad de moco que fue secretado por los organismos. La cuál pareció ser mas abundante al incrementar la temperatura.

El análisis de Kruskal-Wallis que se le aplicaron a los porcentajes de abulones adheridos en las placas de vidrio en cada experimento, indicó que no existió diferencia significativa entre los mismos.

El porcentaje de abulones adheridos a la placa de vidrio fue del 100% hasta llegar a la temperatura de 32°C. A los 33°C los organismos empezaron a desprenderse, hasta llegar a 35° C, en la que todos ellos estaban desprendidos de la placa (Ver fig.17). La relación entre el porcentaje de los organismos en la placa y la temperatura esta dada por la ecuación :

$$y = 34.6 - 0.0235 x , \text{ con una } r^2 = 0.889$$

Dicha ecuación se obtuvo mediante una regresión lineal por medio de un programa estadístico, con un alfa =0.05 y con el 95% de confianza. Donde la variable "y" representa la temperatura, y el variable "x" representa el porcentaje de organismos que permanecen adheridos en la placa. TCMax 50% fue de 33.59°C.

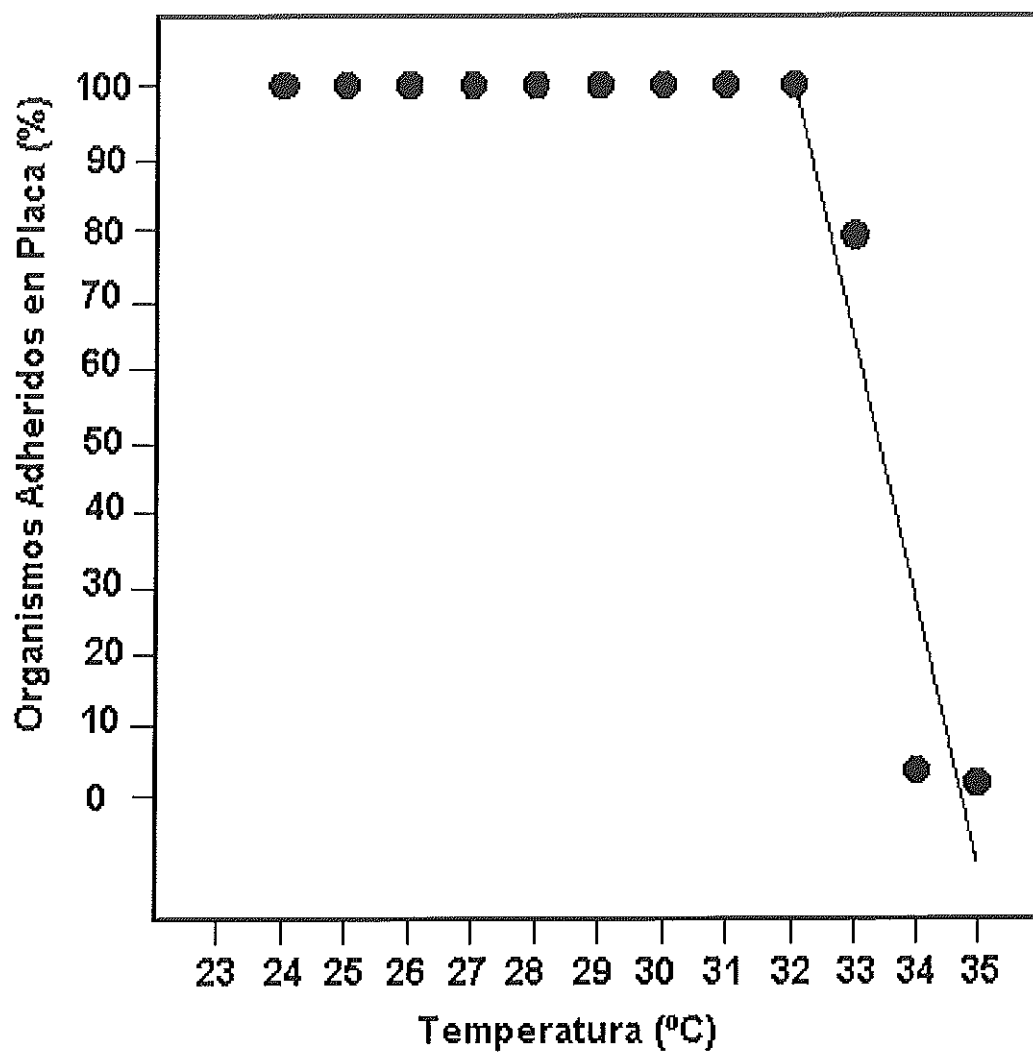


Fig.17.- Porcentaje de *Haliotis fulgens* que permanecieron adheridos a la placa de vidrio con relación a incremento de la temperatura.

4.-DISCUSION

4.1.- Temperatura preferencial.

4.1.1.- Linealidad de las temperaturas de las cámaras del gradiente.

El comportamiento del gradiente horizontal térmico fue lineal con una correlación muy alta ($r^2=0.969$). El mismo gradiente horizontal ha sido utilizado por Díaz-Herrera, *et al* (1996), Díaz, *et al* (2000). Inclusive Díaz (2002) hizo una regresión lineal con diferentes datos de temperatura obtenidas de trabajos anteriores, en donde fue utilizado el mismo gradiente horizontal térmico y obtuvo una correlación de 0.997.

4.1.2.- Velocidad de desplazamiento.

Los organismos dentro del gradiente térmico horizontal, tuvieron un mayor desplazamiento las primeras dos horas después de su introducción. Este mismo comportamiento fue observado por Díaz *et al.*, (2000) en abulón rojo. Las velocidades de desplazamiento fueron graficadas para los tres grupos que fueron introducidos al gradiente y en los tres grupos se encontró un mayor desplazamiento en las dos primeras horas después de haber sido introducidos al gradiente. La VD máxima promedio fue de 40 cm/h. Esta elevada velocidad

de desplazamiento ocurrió debido a que los organismos al ser colocados dentro del gradiente empezaron a moverse hasta encontrar temperaturas alrededor de 25..34°C. Después de la tercera hora los organismos registraron muy poco movimiento y cerca de las 21 horas aumentaron su velocidad de desplazamiento nuevamente, lo cual probablemente se deba a que el abulón es un organismo de hábitos nocturnos. Al amanecer disminuyen su actividad nuevamente.

Uki (1981) realizó estudios con *Nordotis discus hannai* antes (*Haliotis*) y pudo observar que los organismos permanecían ocultos durante la luz del día. La tasa de aparición y su alimentación aumentaban mientras las luz disminuía (Hahn, 1989).

Nakamura y Vázquez (2001) hicieron experimentos para comprobar experimentalmente los patrones de actividad en abulón. Puesto que aunque era conocido que durante el periodo nocturno se desplaza sobre las rocas alimentándose de algas, no se sabía a ciencia cierta cuales serían los patrones de actividad bajo condiciones experimentales. Con dicho estudio confirmaron su comportamiento nocturno. A partir del monitoreo individual en el comportamiento de *N. discus*, *N.gigantea* y *Sulculus aquatilis* (antes *Haliotis diversicolor supertexta*).

4.1.3 . Temperatura Preferida y temperatura óptima de crecimiento

No se encontró diferencia significativa entre la temperatura preferida de día ($25.47 \pm 1.22^{\circ}\text{C}$) y la temperatura preferida de noche (25.23 ± 0.41). Díaz *et al.*, (2000), encontraron ese mismo patrón en abulón rojo, en el que los organismos no tuvieron una diferencia marcada entre las temperaturas preferidas en el día y la noche. La temperatura preferida para *Haliotis fulgens* en un ciclo diurno estimada en el presente trabajo de tesis fue de $25.34 \pm 0.87^{\circ}\text{C}$.

Durante el tiempo que los organismos estuvieron dentro del gradiente horizontal térmico tuvieron el mismo comportamiento que describen Díaz *et al.* (1996) con *Bulla gouldiana*, y Díaz *et al.*, (2000) con *Haliotis rufescens*, donde los organismos dentro del gradiente gravitaron por un intervalo muy estrecho cercano a su preferendum final. El mecanismo de orientación usado por el abulón para localizar su temperatura preferida ha sido llamado ortotermoquinesis (Fraenkel y Jun, 1961; citados por Díaz *et al.*, ,2000).

El preferendum final es la temperatura óptima para la mayoría de las funciones fisiológicas incluyendo el crecimiento (Jobling, 1981). Leighton (1974) encontró que la temperatura óptima para el desarrollo larval de *Haliotis fulgens* es de 20 a 24 °C. Demostrando un mayor desarrollo a temperaturas altas (20°C)

en menor tiempo. Mientras que en larvas de abulón rojo la temperatura a la que presentó el mayor desarrollo fue de 12°C. De igual manera, en nuestro estudio podemos ver que existe una preferencia de temperaturas superiores en juveniles de *H. fulgens* y por consiguiente una mayor temperatura óptima de crecimiento que en abulón rojo.

En otras especies de abulón, así como de otros organismos ectotermos, se ha observado que la diferencia entre la temperatura preferida y la temperatura crítica máxima es muy pequeña. Los organismos evitan temperaturas extremas, prefiriendo aquellas que favorecen su crecimiento y su reproducción (Díaz-Herrera *et al.*, 1996). Lo cuál justifica el uso de un gradiente térmico para observar las preferencias térmicas de los organismos. Esta misma temperatura, complementada con estudios de termorregulación, osmorregulación, balance energético y crecimiento, nos pueden llevar a una medida mas precisa de la temperatura óptima de su crecimiento real.

La ecuación de Jobling (1981) utilizada como instrumento para obtener una estimación aproximada a la temperatura óptima de crecimiento ha sido utilizada en abulón por Hecht (1994), Gilroy y Edwards (1998), y Díaz *et al.*, (2000), en otras especies de abulón (Tabla III). La ecuación de Jobling (1981) fue obtenida para peces, a partir de datos de temperaturas preferidas y

temperaturas óptimas de experimentos de crecimiento de una serie de especies de peces. Si bien no es la temperatura óptima real, se puede usar como una aproximación de la misma (Díaz *et al.*, 2000).

Tabla II.- Temperatura óptima de crecimiento de diferentes especies de abulón calculadas usando la ecuación de Jobling (1981).

Especie	Temp.. Preferida	Temp.Opt. Crec.	Diferencia	Referencias
<i>Haliotis fulgens</i>	25.34	24.63	0.71	Este trabajo
<i>H. middae</i>	24	22.6	2.6	Hecht, 1994
<i>H. rubra</i>	16.9	17	0.1	Gilroy y Edwards, 1998
<i>H. laevigata</i>	18.9	18.3	0.6	Gilroy y Edwards, 1998
<i>H. rufescens</i>	18.8	18.4	0.4	Díaz et al, 2000

* Tabla modificada de Díaz *et al.*, 2000.

El preferendum final que se obtuvo para el abulón azul en este estudio ($25.34 \pm 0.87^{\circ}\text{C}$) fue mayor que los encontrados para *H. rubra* de 16.9°C (Gilroy y Edwards,1998), *H. laevigata* de 18.9°C (Gilroy y Edwards,1998), *H. rufescens* de 18.8°C (Díaz *et al.*,2000). Y muy cercana a la temperatura preferida de *H. middae* obtenida por Hecht (1994) de 24°C .

La continuidad de muchos procesos fisiológicos requieren una zona termal óptima, donde las funciones del abulón no cambien substancialmente. La intensidad de esta zona insensible tiene importantes implicaciones desde el punto de vista ecológico y acuicultural (Huey y Stevenson,1979; citados por Díaz *et al.*, 2000). La temperatura óptima de crecimiento fue obtenida aplicando

la ecuación de Jobling (1981). La temperatura óptima de crecimiento estimada fue de $24.63 \pm 1.33^{\circ}\text{C}$.

Las diferencias entre las temperaturas preferidas y las temperaturas óptimas de crecimiento fueron de 0.1 a 2.6°C (Tabla III). Por lo tanto esta ecuación puede ser utilizada para obtener la temperatura óptima de crecimiento en especies con importancia comercial una vez que la temperatura preferida ha sido obtenida (Díaz *et al.*, 2000). Una ventaja importante en utilizar esta ecuación es que se puede obtener la temperatura óptima de crecimiento en menor tiempo, lo cual puede significar un ahorro de recursos y una desventaja es que se corre el riesgo de no ser la temperatura adecuada. Debido a que la ecuación no sea aplicable a la especie en cuestión.

Además la temperatura óptima de crecimiento, también puede ser modificada por la salinidad (Chen y Chen, 1999). En el presente estudio la temperatura óptima de crecimiento en base a una salinidad de 35‰, debido a que es la salinidad del agua de mar proporcionada por el sistema en el laboratorio. Yang y Ting (1996). Colocaron abulones *Haliotis diversicolor supertexta* a 20, 25, y 35 ‰ de salinidad y a 23, 28 y 33°C por 60 días, reportaron que los óptimos niveles de crecimiento se daban en un intervalo de 25-35 psu de salinidad y $23\text{-}28^{\circ}\text{C}$ de temperatura. Chen (1986) sugirió que

Haliotis diversicolor supertexta deben de ser mantenidos a 30-35 ‰ y 24-30°C para asegurar un rápido crecimiento (Chen,1999).

Díaz *et al.*, (2000) recomienda a los acuiculturistas de abulón rojo, establecerse en lugares donde la temperatura del agua este alrededor de 18°C todo el año, puesto que la temperatura óptima de crecimiento para esta especie es de 18.4°C. Para abulón azul se puede recomendar que en salinidades de 35‰ se elijan lugares donde la temperatura del agua sea alrededor de 25°C. Sin embargo esta recomendación podrá ser validada solo después de llevar a cabo estudios de termo y osmorregulación.

4.2. Temperatura Crítica Máxima

Los organismos fueron aclimatados a la temperatura preferida, debido a que es la temperatura que se obtuvo. En la determinación de la temperatura crítica máxima influye de manera determinante la historia térmica de los organismos. Reynolds y Casterlin (1979), describen la influencia de la temperatura de aclimatación sobre la respuesta a la temperatura por los organismos. En su polígono de tolerancia muestran como al incrementar la temperatura de aclimatación se recorren positivamente la temperatura crítica máxima, la resistencia, la tolerancia, las temperaturas letales incipientes

superior e inferior, LT_{50} valor en que teóricamente el 50% de la población puede sobrevivir indefinidamente, entre otras respuestas.

A partir de los 31°C se empezaron a ver las primeras respuestas de los organismos a los incrementos de la temperatura. La desorientación inicial se observó a partir que el organismo extendió sus tentáculos, estirándolos de manera radial en forma de sol. La desorientación intermedia se determinó a partir que los organismos empiezan a moverse sobre su mismo eje, a elevar su concha y exponer su manto. La desorientación final ocurre casi inmediatamente después, con el desprendimiento total de la placa de vidrio.

Chen y Chen (1999), reportan que la TCM 50% esta directamente relacionada con la temperatura de aclimatación, pero inversamente relacionadas con la salinidad. La $TCMax$ y $TCMin$ aumentaron significativamente con la temperatura en las tres diferentes salinidades (Tabla IV). El $TCMin$ 50% aumenta al disminuir la salinidad y al aumentar la temperatura.

Leighton *et al.*,(1981), reportó que en un periodo de 48 horas el LT_{50} para el abulón azul *Haliotis fulgens* fue 31.5°C (Chen y Chen,1999). Liu and Chang reportaron que la temperatura crítica máxima de adultos de *Haliotis diversicolor supertexta* mantenidos a 27°C y a 30,35 y 40 ‰ fue de 37.5,37.0 y

34.8°C respectivamente, y aquellos mantenidos a 21°C y a 30,35 y 40 ‰ fueron 36.5, 34.7 y 31.6 respectivamente. Chen y Chen (1999) reportan que CTMax para *Haliotis diversicolor supertexta* para juveniles mantenidos a 20°C y a 30‰ y 35‰ fue de 36.2 y 35.9°C. Y de 36.5 y 36.2°C para aquellos mantenidos a 25°C y a 30 y 35‰.

Tabla III. Temperaturas críticas máximas al 50% de 5 especies de abulón.

Especies	T. de aclimatación	Salinidad	T.C.M. (50%)	Referencias
<i>Haliotis rufescens</i>	17 ± 1°C	35 ‰	27.5°C	Díaz, et al; 2000
<i>Haliotis rubra</i>	14 ± 1°C		26.9 °C	Gilroy y Edwards,
<i>Haliotis laevigata</i>	16± 1°C		27.5°C	1998
<i>Haliotis midae</i>	15.5° y 18.5°C		27.9°C	Hecht,1994
<i>Haliotis fulgens</i>	24°C	35‰	33.59°C	Este trabajo
<i>Haliotis diversicolor supertexta</i>	20°C 25°C 30°C	25‰	35.3°C 36.3°C 38.2°C	Chen y Chen,1999
<i>Haliotis diversicolor supertexta</i>	20°C 25°C 30°C	30‰	34.8°C 35.7°C 37.7°C	Chen y Chen,1999
<i>Haliotis diversicolor supertexta</i>	20°C 25°C 30°C	35‰	34.1°C 35.3°C 37.3°C	Chen y Chen,1999

Díaz *et al.*,(2000) reporta un TCMax de 27.5°C, a 35‰de salinidad. Gilroy y Edwards (1998) reportan un TCMax de 26.9 y 27.5°C en *H. rubra*, y *H. laevigata* respectivamente, no reportan salinidad. *H. fulgens* presentó un TCMax 50% de 33.59°C, con una temperatura de aclimatación de 24°C, una diferencia de 2.095°C con el valor de TCM 50% reportado por Leighton (1981).

5.- CONCLUSIONES

5.1. Temperatura preferencial.

La determinación de la temperatura preferencial mediante la utilización de un gradiente térmico horizontal, es un método relativamente rápido en cuanto al tiempo que se invierte en la sala de zootecnia y preciso para plantear un pronóstico de cultivo. Las cámaras del gradiente horizontal térmico utilizado mostraron ser lineales, mostrando una correlación alta ($r^2 = 0.969$).

Es importante registrar la intensidad lumínica y la cantidad oxígeno disuelto durante el tiempo que los organismos se encuentren dentro del gradiente horizontal térmico, procurando que los niveles de oxígeno sean aceptables y que la diferencia entre la intensidad lumínica diurna y nocturna sea significativa.

Mediante el graficado de los intervalos de confianza superiores e inferiores de las medianas con respecto al ciclo diurno, se puede observar el espectro de las temperaturas preferidas por el 50% de los individuos. La temperatura preferida estimada para *Haliotis fulgens* en un ciclo diurno fue de $25.34 \pm 0.87^\circ\text{C}$.

Las velocidades de desplazamiento fueron medidas y graficadas, siendo una innovación, las cuales mostraron que el 50% de los organismos, entre las dos primeras horas se trasladaron hasta llegar a temperaturas cercanas a 25 °C. Por medio de esta gráfica también se pudo constatar la información sobre sus hábitos nocturnos.

5.2.-Temperatura óptima de crecimiento

La temperatura óptima de crecimiento se puede estimar mediante la ecuación de Jobling (1981) con la utilización de la temperatura preferida. Sin embargo, no hay que olvidar que ésta ecuación fue diseñada para peces y el valor que resulta aunque puede ser cercano, no es el real. Para obtener la temperatura óptima de crecimiento aun más cercana a la real, se tiene que complementar con pruebas de termorregulación, bioenergética, y crecimiento. La TOC estimada fue de 24.63 ± 1.33 °C con una diferencia de 0.71°C con respecto a la temperatura preferida. Es por ello que se recomienda para un óptimo crecimiento de los organismos, que los cultivos para esta especie, se hagan en lugares cálidos, donde la temperatura del agua sea alrededor de los 24°C.

5.3.-Temperatura Crítica Máxima

Con una temperatura de aclimatación de 24°C durante un periodo de 21 días y con una salinidad de 35‰ se encontró un valor de TCM_{max} 50% de 33.59. La temperatura crítica máxima se ve directamente afectado por la temperatura de aclimatación y la salinidad. A pesar de que el valor de TCM_{max} es muy alto para esta especie de abulón, se recomienda que se tomen precauciones en la selección del área de cultivo.

LITERATURA CITADA

- Chen, H.C.,1986. Recent innovations in cultivation of edible mollusks in Taiwan, with special reference to the small abalone *Haliotis diversicolor* and the hard clam *Meretrix lusoria*. *Aquaculture*, 39: 11-37.
- Chen, J.-C., Chen, W.-C., 1999. Temperature tolerance of *Haliotis diversicolor supertexta* at different salinity and temperature levels. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 124 73-80.
- Cox, W.K., 1962. California abalones, Familia Haliotidae; Ed. Dept. of Fish and Game California. *Fish.Bull.No.118*;E.U.A; p.7,20-27, y 32-33.
- Díaz, F., Del Río-Portilla, M. A., Sierra, E. , Aguilar y M. Re-Araujo, D., 2000. Preferred temperature and critical thermal maxima of red abalone *Haliotis rufescens*. *Journal of Thermal Biology*, 25:257-261.
- Díaz, F., Sierra, E., Re-Araujo, A., y Rodríguez, L., 2002. Behavioral thermoregulation and critical thermal limits of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman). *Journal of Thermal Biology*, 27:423-428.

- Díaz-Herrera, F., Bucle-Ramírez, F., Barón-Sevilla, B. Y Farfán, C., 1996. Behavioral thermoregulation of *Bulla gouldiana* (Gastropoda: Opisthobranchia: Cephalaspidea). *Journal of Thermal Biology*, Vol.21.No.5/6, pp 319-322.
- Fraenkel, G.S., y Jun, D.L., 1961. *The Orientation of Animals*. Dover Publications, New York, USA, p. 376.
- Fry, F.E.J., 1947. Effects of the environment on animal activity. *Univ. Toronto Stud. Biol. Ser.* 55, Publ. Ontario Fish. Res. Lab., 68:1-62.
- García-Mendoza, Ernesto., 1991. Comparación a escala piloto de técnicas de producción de semilla de abulon azul *Haliotis fulgens* Philippi 1845: Inducción al asentamiento y metamorfosis, densidad inicial de larvas y primera alimentación . Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B. C.
- Gilroy, A. y Edwards, S.J., 1998. Optimum temperature for growth of Australian abalone: preferred temperature and critical thermal maximum for black lip abalone, *Haliotis rubra* (Leach), and green lip abalone, *Haliotis laevis* (Leach). *Aquaculture* 29: 481-485.

- Grant, J.F., 1981. Abalone culture in Japan: development and current commercial practices. *Tasmanian. Fish. Res. Lab.* 23:2-17.
- Guerrero-Torres, J. O., 1993. Análisis bioeconómico de la pesquería del abulon *Haliotis* sp. En la costa noroccidental de la península de Baja California. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, U. A. B. C. Ensenada, B. C. México. 71pp.
- Guzmán del Proó, S. A. y Ortiz –Quintanilla, M., 1972. Descripción y diagnóstico de la pesquería de abulon. Instituto Nacional de Pesca. México PNUD/FAO p.227-258.
- Hahn, K.O. (Editor).1989. Handbook of culture of abalone and other marine gastropods. Bodega Marine Laboratory, University of California. CRC Press, Inc. Bodega Bay, CA. E.U.A. 3-5 pp.
- Hecht, T., 1994. Behavioral thermoregulation of the abalone, *Haliotis midae*, and the implications for intensive culture. *Aquaculture*, 126: 171-181.
- Huey, R. B., y Stevenson, R. D., 1979. Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: A discussion of approaches. *Amer. Zool.* 19, 357-366

- Jobling, M., 1981. Temperature tolerance and the final preferendum – rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. *J. Fish. Biol.* 19, 439-455.
- Leighton, D. L., 1974. The influence of temperature of larval and juvenile growth in three species of southern California abalones. *Fish. Bull.*, 72(4):1137-1145.
- Leighton, D. L., Byhower, M. J., Kelly, J.C., Hooker, G.N., y Morse, D.E., 1981. Acceleration of development and growth in young green abalone (*Haliotis fulgens*) using warmed effluent seawater. *J. World Maricult. Soc.* 12: 170-80
- Liu, L.L. y Chang, K.H., 1987. Temperature and tolerances in the abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* Lischke. *Bull. Inst Zool., Academia Sinica*, 26(1): 19-25.
- Mateus, Hernán., 1986. Los abulones de México. Secretaría de Pesca. México.38pp.
- Morse, D. E., Duncan H., Hooker N., Baloun A. y Young G., 1980. GABA induces behavioral and developmental metamorphosis in planktonic mollusca larvae. *Fed.Proc.*,39:3237-3241.

- Nakamura, K. y Vazquez-Archdale, M., 2001. Activity patterns of abalone under experimental conditions. *Aquaculture Research*, 32, 169-179.
- Pérez-Muñoz, G.E., 1995. El cultivo de abulón en México: Desarrollo Histórico, estado actual y sus perspectivas". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U. A. B. C. Ensenada, B. C. 125p.
- Reynolds, W.W. y Casterlin, M.E., 1976. Behavioral thermoregulation and the "final preferendum" paradigm. *Am. Zool.*, 19:211-224.
- Salas-Garza, A. y Searcy-Bernal, R., 1990. El repoblamiento de abulon en Baja California. Boletín 21. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. 4pp.
- Secretaria de Pesca., 1992. Boletín informativo a los productores acuícolas. Fomento de desarrollo pesquero. Dirección General de Acuicultura. Manuscrito no publicado. México, D. F. pp.3
- Tukey, J.W., 1977. *Exploratory Data Analysis*. Addison Wesley, Massachusetts, p. 668.
- Uki, N., 1981. Feeding behavior of experimental populations of the abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 43, 53.

Valdés-Urriolagoitia. A.A., 2000. Efecto de tres densidades de cultivo en la sobrevivencia y crecimiento de juveniles de abulon rojo *Haliotis rufescens* en un laboratorio comercial. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U. A. B. C. Ensenada, B. C. 52pp.

Vélez-Espino, L.A., 1999. Determinación de tasas de Pastoreo y de crecimiento de postlarvas de abulón azul, *Haliotis fulgens* en distintas densidades de la diatomea bentónica *Navícula incerta*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, U. A. B. C. Ensenada, B. C. 1-2pp.

Yang H.S., y Ting Y.Y. 1996. Artificial propagation and culture of abalones (*Haliotis diversicolor supertexta* Lischke). Bull Taiwan Fish Res Inst. 40:195-201