



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**TEMPERATURA ÓPTIMA Y TEMPERATURA LETAL SUPERIOR EN DOS
POBLACIONES DE JUVENILES DE OSTIÓN JAPONÉS *Crassostrea gigas***

TESIS

**Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias
Presenta:**

LILIANA CARVALHO SAUCEDO



CGPI-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 15:00 horas del día 5 del mes de diciembre del 2003 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"TEMPERATURA ÓPTIMA Y TEMPERATURA LETAL SUPERIOR EN DOS POBLACIONES

DE JUVENILES DE OSTIÓN JAPONÉS *Crassostrea gigas*"

Presentada por el alumno:

CARVALHO

Apeilido paterno

SAUCEDO

materno

LILIANA

nombre(s)

Con registro:

B	0	1	1	2	8	9
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. ALFONSO N. MABDA MARTÍNEZ

PRESIDENTE

DR. OSCAR EFRAIN HOLGUIN QUINONES

SECRETARIO

MC. ARTURO TRIPP QUEZADA

SEGUNDO VOCAL

DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ
Co-Director de tesis

TERCER VOCAL

MC. ESTEBAN FERNANDO FELIX PICO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 4 del mes Diciembre del año 2003, el (la) que suscribe LILIANA CARVALHO SAUCEDO alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B011289 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. ALFONSO MAEDA MARTÍNEZ y cede los derechos del trabajo titulado: "TEMPERATURA ÓPTIMA Y TEMPERATURA LETAL SUPERIOR EN DOS POBLACIONES DE JUVENILES DE OSTIÓN JAPONÉS *Crassostrea gigas*" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: carvalho@cibnor.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

LILIANA CARVALHO SAUCEDO

nombre y firma

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a los amores de mi vida, Lilianita y mis dos Danielitos por haberme ayudado y aguantado todas mis presiones durante el trabajo en la maestría.

A toda mi familia; mis padres y hermanos, que aunque están lejos me han apoyado cuando necesito. Así como a mi familia de la Paz, mis queridos suegros, queridos cuñados, concuñas, cuñada y preciosos sobrinos, que siempre me y en todo momento me apoyan incondicionalmente. Gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo. Al Sistema de Investigadores del Mar de Cortés (CONACYT), proyecto SIMAC número 7024 por el financiamiento de esta investigación dirigida por el Dr. Alfonso Maeda Martínez. De igual forma, agradezco al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), por el apoyo económico proporcionado a través de las becas PIFI y de Posgrado proyecto a cargo del Dr. Federico García Domínguez. A Salvador Lluch-Cota, Carlos Pacheco, Jesus Bautista-Romero, Sergio Hernández-Vázquez y Daniel B. Lluch-Cota. Por el préstamo de la base de datos (Colección de información ambiental para el Pacífico mexicano. CD-ROM. CIBNOR, S.C./CONACYT) creada por los mismos.

Doy mi agradecimiento a mis directores de tesis Dr. Alfonso N. Maeda Martínez y Dr. Federico García Domínguez, por la dedicación y apoyo en todo sentido para la realización del presente trabajo.

Agradezco a todas las personas del CIBNOR que participaron de alguna manera en el desarrollo de esta tesis y que contribuyeron en que dicho trabajo se pudiera realizar; especialmente a: Lucelly Roldan Carrillo, Flavio González, Miguel Robles, Teresa Sicard González, Ma. De Lourdes Ramírez y Armando López. Así como, a Daniel B. Lluch por la ayuda prestada en el proceso del presente trabajo.

Por último agradezco a mi país, México el apoyo brindado para lograr mis estudios de Maestría.

GLOSARIO

Aclimatación: Acción y efecto de acostumbrar a un ser orgánico a un nuevo clima (García-Pelayo y Gross, 1984).

Aclimatización: Adaptación inducida directamente por factores ambientales bajo condiciones naturales, la cual ocurre en un periodo de días a semanas (Sicard- González, 1999).

Adaptación: Proceso evolutivo por el cual los organismos sufren modificaciones que favorecen su supervivencia y reproducción en un medio ambiente dado (Hartl, 1991). Toda característica del organismo que contribuye a la supervivencia de éste en el ambiente (Kimball, 1982).

Endogamia “Inbreeding”: Apareamiento de organismos relacionados entre sí (Gall, 1987).

Enzima: Una proteína o agregado de proteína que cataliza una reacción bioquímica específica u que no es alterada por sí misma durante el proceso (Hartl, 1991).

Estrés medioambiental: Cualquier factor o situación que es capaz de reducir el desarrollo de un organismo o alterar sus funciones normales cuando se llega a los límites de tolerancia para el factor ambiental en cuestión (Baker, 1988).

Genética: Rama de la biología que estudia los fenómenos de la herencia y variación, y las leyes que rigen las semejanzas y diferencias entre individuos con ascendencias comunes (Villegas, 1985).

Heterocigoto: Célula u organismo que tiene dos alelos diferentes en un locus dado en cromosomas homólogos (Ayala y Kiger, 1984).

Heterocigosidad: La proporción de individuos heterocigotos para un locus, o de loci heterocigoto en un individuo (Ayala y Kiger, 1984).

Homocigosidad: La proporción de individuos homocigotos para un locus, o de loci homocigoto en un individuo (Ayala y Kiger, 1984).

Homocigoto: Célula u organismo que posee alelos idénticos en los loci genéticos correspondientes de cromosomas homólogos (Kimball, 1982).

Locus(plural Loci): Localización de un gen particular (o de uno de sus alelos) en un cromosoma (Kimball, 1982).

Población: Grupo de organismos de la misma especie que habitan una determinada área geográfica y que por ende se entrecruzan y comparten un acervo común de genes (Ayala y Kiger, 1984).

Tasa de Aclaramiento: Volumen de agua completamente liberado de partículas por unidad de tiempo (Sicard –González, 1999).

Tasa de ingestión: Número de células retenidas de cierto volumen de agua por unidad de tiempo (Bayne, 1976).

Tasa metabólica estandar: Consumo de oxígeno mínimo requerido por un organismo inactivo para mantener todas sus funciones vitales, inducido por ayuno prolongado hasta una condición de estado estable, antes de la muerte (Bayne, 1976).

Termotolerancia: Capacidad soportar cambios térmicos, ya sea hacia temperaturas superiores o inferiores.

Síntesis: Formación de un compuesto a partir de otras sustancias, por lo general más simples (Kimball, 1982).

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Análisis de variancia practicado a los resultados de tiempo, temperatura experimental (30, 35, 37, 40 y 45°C) y temperatura de aclimatación (19 y 23°C), sobre la mortalidad acumulada en juveniles de *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México

TABLA 2. Mortalidad acumulada de juveniles de *Crassostrea gigas*, provenientes de la población de Bahía Kino (K), aclimatadas (TA) a 19 y 23°C, durante 96 h, bajo diferentes temperaturas de exposición (TE).

TABLA 3. Análisis de variancia practicado a los resultados del tiempo y aclimatación en 19 y 23°C, sobre la temperatura letal media superior en juveniles de *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México.

TABLA 4. Prueba del rangos múltiples de Tukey para definir las diferencias entre las temperaturas Letales, hasta 96 horas de exposición, cada 24 horas, de juveniles de *C. gigas*, aclimatados previamente en 19 y 23 °C

TABLA 5. Análisis de varianza practicado a los resultados del tiempo, temperatura experimental y temperatura de aclimatación a 15, 22 y 28°C, sobre la mortalidad acumulada en juveniles de *C. gigas* de la población de Bahía Kino, México (a) y Charrentelle, Francia (b).

TABLA 6. Mortalidad acumulada de los juveniles de *C. gigas*, durante 96 horas, a diferentes temperaturas de aclimatación (A) y de exposición (TL), en organismos de la población (P) de Bahía Kino, México (K) y Charrentelle Francia (F).

TABLA 7. Mortalidad acumulada de juveniles de *C. gigas*, de la población Bahía Kino (México) (a), y Charrentelle, Francia (b) en relación al grado de diferencia térmica, entre diferentes temperaturas de aclimatación 15, 22 y 28°C (TA) y exposición 30, 35, 40 y 45°C (TE), durante 96 horas.

TABLA 8. Análisis de varianza practicado a los resultados del tiempo y temperatura de aclimatación en 15, 22 y 28 °C, sobre la temperatura letal media superior en juveniles de *C. gigas* de las poblaciones de Charrentelle, Francia (F) y de Bahía Kino, México (K).

TABLA 9. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey donde se comparan los resultados del tiempo y temperatura de aclimatación en °C, sobre la temperatura letal media superior en juveniles de *C. gigas* de las poblaciones de Charrentelle, Francia (F) y de Bahía Kino, México (K).

TABLA 10. Promedio de tallas obtenidas para los juveniles de *C. gigas*, aclimatados a 19°C y 23°C, de la población de Bahía Kino, México (K).

TABLA 11. Promedio de tallas obtenidas para los juveniles de *C. gigas* de las poblaciones de Bahía Kino, México (K) y Charrentelle, Francia (F), aclimatados (A) a 15°C, 22°C y 28°C, bajo las temperaturas letales (TL) de 30, 35, 40 y 45°C.

TABLA 12. Análisis de varianza practicado a los resultados de tallas en cada una de las temperaturas de aclimatación en °C, en juveniles de *C. gigas* de la población de Bahía Kino, México.

TABLA 13. Prueba de rangos múltiples de Tukey para definir las diferencias entre las tallas de juveniles de *Crassostreas gigas*, de la población de Bahía Kino México, aclimatados previamente a 15, 19, 22, 23 y 28°C.

TABLA 14. Análisis de varianza practicado a las TLM en cada una de las temperaturas de aclimatación (15, 19, 22, 23 y 28°C), en juveniles de *C. gigas* de la población de Bahía Kino, México.

TABLA 15. Prueba de rangos múltiples de Tukey para definir las diferencias entre Temperatura Letal Media Superior de *C. gigas*, aclimatados previamente a 19, 23°C y 15, 22, y 28°C, con juveniles de diferentes promedios de tallas 15.173 y 14.264, así como 9.81, 10.04 y 10.2 respectivamente.

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1. Anomalías térmicas de las costas del Océano Pacífico y Golfo de California México, durante el periodo 1997 – 2001.

FIG. 2. Registro de temperaturas del cultivo de ostión en Laguna San Ignacio, durante el periodo junio 2002 – enero 2002.

FIG. 3. Origen de las poblaciones de *Crassostrea gigas*, Bahía Kino, México y Charrentelle, Francia, para la realización de los experimentos correspondientes.

FIG. 4. Procedimiento empleado para determinar la temperatura letal superior en juveniles de *Crassostrea gigas* en 30, 37, 35, 40, 45°C, aclimatados en 19 y 23°C, con las temperaturas de aclimatación de 19 y 23°C en el primer experimento y 15, 22 y 28°C en el segundo experimento.

FIG. 5. Mortalidad acumulada de juveniles de *C. gigas*, provenientes de la población de Bahía Kino (K), a las temperaturas experimentales (TE) 30, 35, 40, 45°C y de aclimatación 19 y 23°C, durante 96h de exposición.

FIG. 6. Temperatura Letal media superior a 96 horas de exposición, de juveniles de *C. gigas* aclimatados a 19°C (a) y 23°C (b).

FIG. 7. Temperatura Letal Media Superior hasta 96 horas de exposición, cada 24 horas, de juveniles de *C. gigas*, aclimatados previamente en 19 y 23°C.

FIG. 8. Temperatura Letal Media Superior hasta 96 horas de exposición, cada 24 horas, de juveniles de *C. gigas*, aclimatados previamente en 19 y 23°C.

FIG. 9. Mortalidad acumulada de juveniles de *C. gigas*, de la población de Bahía Kino (México), en relación al grado de diferencia térmica, entre diferentes temperaturas de aclimatación 15, 22 y 28°C (TA) y exposición 30, 35, 40 y 45°C (TE), durante 96 horas.

FIG. 10. Mortalidad acumulada de juveniles de *C. gigas*, de la población de Bahía Kino (México), en relación al grado de diferencia térmica, entre diferentes temperaturas de aclimatación 15, 22 y 28°C (TA) y exposición 30, 35, 40 y 45°C (TE), durante 96 horas.

FIG. 11. Temperatura letal media (TLM) a 24, 48, 72 y 96 horas, de juveniles de *C. gigas*, aclimatados a diferentes temperaturas (TA) 15, 22 y 28°C, de dos poblaciones diferentes (Charrentelle, Francia y Bahía Kino, México).

FIG. 12. Medias y desviaciones estándar de tallas, de los juveniles de *C. gigas* de Bahía Kino, México, en las temperaturas de aclimatación 15, 19, 22, 23 y 28°C.

FIG. 13. Temperatura Letal Media superior (TLM) bajo diferentes temperaturas de aclimatación (A) y tallas (mm) durante 96 horas de exposición.

FIG. 14. Temperatura Letal Media superior (TLM), en diferentes tiempos de exposición, temperaturas de aclimatación (A) y tallas (mm).

FIG. A. Superficie de respuesta de la tasa respiratoria ($\text{nl O}_2\text{h}^{-1}$) de larvas de *Ostrea edulis* en función de su tamaño (expresado como peso seco, PS) y de la temperatura. (Beiras, 1995).

FIG. B. Promedio de temperaturas superficiales del mar, máximas y mínimas mensuales, en la Laguna San Ignacio, B.C.S.

FIG. C. Anomalías térmicas de temperatura superficial del mar, para el periodo 1996-2003, de la región de Bahía San Quintín B.C., San Ignacio, B.C.S. y Bahía Kino, Sonora.

FIG. D. Temperatura superficial del mar y altura de mareas para el periodo Diciembre 2001- Junio 2002, en la zona de Laguna San Ignacio, B.C.S.

FIG. E. Temperatura superficial del mar, tomada manualmente por la Cooperativa Sol Azul, San Ignacio, B.C.S. en el periodo Diciembre 2001- junio 2002.

FIG. F. Temperaturas superficiales del mar y altura de mareas, de Laguna San Ignacio, B.C.S., en los días más cálidos (a, b y c) del mes de Febrero del 2002.

FIG. G. Temperaturas superficiales del mar y altura de mareas, de Laguna San Ignacio, B.C.S., en los días más cálidos (a, b, c y d) del mes de Marzo del 2002.

FIG. H. Temperaturas superficiales del mar y altura de mareas, de Laguna San Ignacio, B.C.S., en los días más cálidos (a, b, c, d y e) del mes de Abril del 2002.

FIG. I. Temperaturas superficiales del mar y altura de mareas, de Laguna San Ignacio, B.C.S., en los días más cálidos (a, b, c, d, e y f) del mes de Mayo del 2002.

FIG. J. Temperaturas superficiales del mar y altura de mareas, de Laguna San Ignacio, B.C.S., en el día más cálido del mes de Junio del 2002.

FIG. K. Mortalidad acumulada de juveniles de *C. gigas*, de la población de Bahía Kino (México), en relación al grado de diferencia térmica (ΔT), entre diferentes temperaturas de aclimatación 15, 22 y 28°C (TA) y exposición 30, 35, 40 y 45°C (TE), durante 96 horas.

FIG. L. Anomalías de clorofila superficial y temperatura superficial del mar por mes, obtenidas para el periodo 1982-1986, en Laguna San Ignacio, B.C.S.

RESUMEN

El ostión japonés *Crassostrea gigas* fue introducido en México en 1973 con fines experimentales, dando resultados de crecimiento elevados de: 8 cm de longitud en solamente 6 meses de engorda, esto le confiere a esta especie un gran valor económico para nuestro País. Sin embargo existen pocos trabajos de investigación que contemplen la influencia de variables ambientales como la temperatura, en las costas mexicanas. En el presente trabajo se evaluó la temperatura letal media superior a 96 horas de exposición (TLM₉₆), en juveniles de *C. gigas* producidos en el laboratorio, a partir de reproductores de dos poblaciones geográficamente diferentes (Bahía Kino, México y Charrentelle, Francia), a diferentes temperaturas de aclimatación. Los juveniles empleados tuvieron una longitud promedio de 10.01 y 10.25 mm, respectivamente. Dichos organismos se aclimataron a 15, 22 y 28°C durante 6 días en tanques de 20 L con agua de mar filtrada, y se alimentaron con dos raciones por día a una concentración de 150,000 cels/mL de una dieta compuesta por una mezcla de microalgas (*Isochrysis galbana* y *Chaetoceros gracillis*) en proporción de 2:1 y a una salinidad de 37 ‰. Los juveniles fueron transferidos a frascos de vidrio de 115 mL, sumergidos en tanques de 40 L a 30, 35, 37, 40 y 45°C por triplicado y se registró la supervivencia cada 2 h durante el primer día, y cada 6 h en los posteriores. Sólo se presentaron diferencias significativas en la TLM₉₆ de ambas poblaciones en las primeras 24 horas, en organismos aclimatados a 28°C. Las aclimatadas a 15°C reducen notablemente la TLM con el tiempo de exposición. No se registró mortalidad a 30°C durante las 96 h en las tres temperaturas de aclimatación. Sin embargo, se obtuvo un 100% de mortalidad a 35 °C en organismos aclimatados a 15 °C y una mortalidad muy baja entre 0 y 7 % a las temperaturas de aclimatación de 22 y 28 °C. Previamente se realizó un ensayo similar únicamente en juveniles de Bahía Kino de 15.2 y 14.3 mm de longitud, a las temperaturas de aclimatación de 19 y 23°C, respectivamente. Los resultados fueron muy similares a los mencionados, en donde se obtuvo un 100% de mortalidad a temperaturas de 37 y 40 °C, a las temperaturas de aclimatación 19 y 23 °C, respectivamente en 96 h de exposición. La mayor TLM en relación a las tallas promedio, la obtuvo el grupo de mayor talla (15.2 mm). Se concluye no existen diferencias en la termotolerancia superior de ambas poblaciones y que la temperatura letal media 96 h en esta especie varía entre 32.5 y 42 °C, dependiendo de la temperatura de aclimatación, el tiempo de exposición y la talla de los organismos.

ABSTRACT

Japanese oyster *Crassostrea gigas* was introduced to Mexico in 1973 for experimental purposes. Observed growth rates were as high as 8 cm in length for a 6-month culture period; thus its culture in the country became of high economic value. However, in Mexico few research efforts have been devoted to the examination of the effects of environmental factors such as temperature. This work is an assessment of the upper mean lethal temperature after 96 hours of exposition (TLM_{96}) observed in laboratory-reared juveniles of *C. gigas* from two separate locations (Kino Bay, Mexico, and Charrentelle, France), for different acclimation temperatures. Juveniles mean length was 10.01 and 10.25 mm for Kino Bay and Charrentelle, respectively. Acclimation lasted for 6 days and was conducted at 15, 22 and 28°C, within 20 L containers filled with filtered sea water. For feeding, a 2:1 mixture of *Isochrysis galbana* and *Chaetoceros gracillis* at a concentration of 150,000 cels/mL was provided twice a day, keeping salinity at 37 ‰. Juveniles were then transferred to small 115 mL glass containers, which were kept immersed in 40 L larger containers at 30, 35, 37, 40 and 45°C using three samples per treatment. Survival was measured at 2 h intervals during the first day, and then at 6 h intervals until the end of the experiment. At comparing both populations, only the first 24 h resulted in significantly different TLM_{96} for juveniles acclimated at 28°C. Those acclimated at 15°C reduce their tolerance to temperature along the period of exposition. No mortality was present at 30°C along the 96 h for neither acclimation temperature. Nevertheless, a 100% mortality was observed at 35 °C for organisms acclimated at 15 °C, while those acclimated at 22 y 28 °C showed very low mortality rates of 0 y 7 %, respectively. Very similar results, a 100% mortality observed after 96 h of exposition to 37 and 40 °C, were obtained from a previous essay conducted for Kino Bay juveniles of 15.2 and 14.3 mm in length after acclimation temperatures of 19 and 23 °C, respectively. Regarding the effect of length, the highest TLM was observed for the largest juveniles (15.2 mm). It is concluded that no difference exist between both populations regarding their tolerance to high temperatures, and also that their upper mean lethal temperature after 96 hours of exposition ranges from 32.5 to 42 °C depending on the acclimation temperature, period of exposition and the size of the organisms.

INDICE

GLOSARIO.....	6
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	10
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	16
JUSTIFICACIÓN.....	20
OBJETIVOS	21
MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
• Obtención de organismos experimentales.....	21
• Aclimatación.....	22
• Determinación de temperatura letal.....	23
• Determinación de temperatura letal media a 96h de exposición (TLM ₉₆).....	25
RESULTADOS.....	26
Experimento 1	
• Mortalidad Acumulada	26
• Temperatura letal media (TLM)	28
Experimento 2	
• Mortalidad Acumulada	32
• Temperatura letal media (TLM)	38

Comparación de la TLM superior en relación a la talla, en ostras de la población de Bahía Kino México

• Promedio de Tallas de primer experimento.....	42
• Promedio de tallas del segundo experimento.....	43
• Comparación por tallas de juveniles de la población de Bahía Kino, entre el experimento 1 y 2.....	44
• Comparación de TLM entre primer y segundo experimento.....	45
DISCUSIÓN.....	49
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA	77

INTRODUCCION

Existen muchas regiones en el mundo, en las cuales la ostricultura se ha desarrollado a escala comercial. En Japón el cultivo esta basado en 8 especies de ostras, dentro de las cuales *Crassostrea gigas* conocida como “osti3n japon3s” es una de las m3s importantes (Arriaga-Becerra y Rangel D3valos, 1988). Esta especie cuenta con una alta capacidad de adaptaci3n a diferentes t3cnicas de cultivo, as3 como gran aceptabilidad en el mercado nacional e internacional (Maz3n-Su3stegui, 1996). Esta especie fue introducida en Bah3a San Quint3n, M3xico en 1973; en 1975 en Bah3a Magdalena y en 1976 en la ensenada de la Paz (Felix-Pico et al., 1976) con fines experimentales, dando como resultado un crecimiento de 8 cm de longitud en solamente 6 meses en la fase de engorda (Islas-olivares, 1975; Maz3n-Su3stegui, 1996). A partir de entonces, el cultivo de esta especie se extendi3 hacia los estados de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit pr3cticamente libre de problemas t3cnicos, desarroll3ndose la primera industria acu3cola del noroeste de M3xico. Durante los 80’s y principios de los 90’s, los cultivos se realizaron a partir de juveniles producidos en los laboratorios mexicanos de San Buto Bah3a Magdalena., Baja California Sur y de Bah3a Kino Sonora, empleando reproductores de origen norteamericano. Desafortunadamente estos laboratorios dejaron de producir, lo cual oblig3 a los ostricultores a importar larvas pediveliger o juveniles diploides y triploides de dos laboratorios norteamericanos de los estados de Oregon y Washington durante la segunda mitad de la d3cada de los 90’s. Con esa estrategia, el cultivo de osti3n japon3s continu3 su desarrollo en Sonora, en San Quint3n y Laguna Manuela, Baja California, y en Laguna San Ignacio y Rancho Bueno, Baja California Sur. En 1998 se registr3 una mortandad masiva inusual simult3neamente en esos tres estados, produciendo un da3o considerable a los ostricultores. Por ejemplo, en Sonora la producci3n de ostras cay3 de 1,243 toneladas de peso vivo en 1997, a solamente 325, 14 y 2 toneladas en 1998, 1999 y 2000, respectivamente (Fuente:SEMARNAT-Sonora). A la fecha existen muchas especulaciones respecto a las posibles causas de esta mortandad, incluyendo enfermedades de tipo viral, mala calidad del agua y la elevaci3n en los patrones de temperatura del agua del mar combinada con la ca3da en la productividad primaria por efecto del fen3meno de El Ni3o de 1997-1998 (Lluch-Cota et al., 1999) (figura 1).

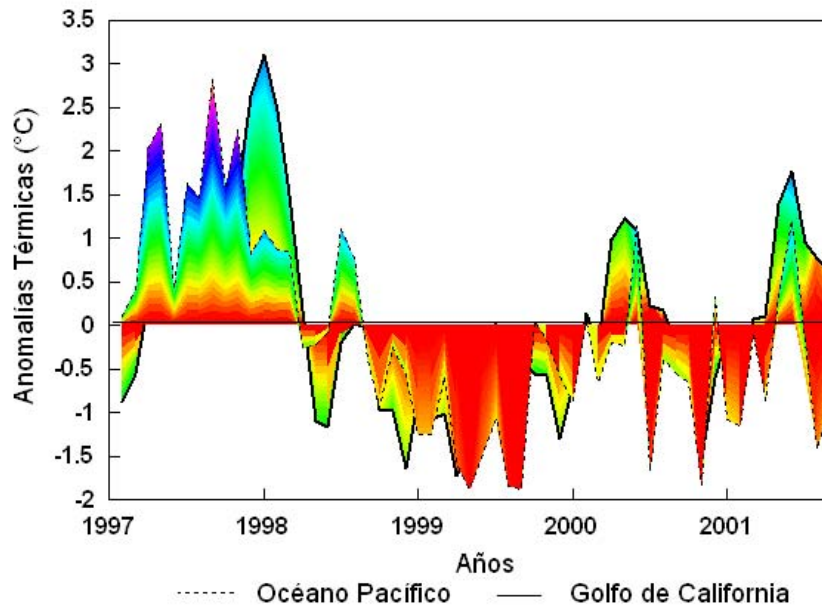


Figura 1.- Anomalías térmicas de las costas del Océano Pacífico y Golfo de California México, durante el periodo 1997 – 2001.

En la región noroeste de México, son escasos los sitios de cultivo en donde se monitorea la temperatura de manera continua, a pesar de que hoy en día es muy fácil adquirir y operar termógrafos de bajo costo, capaces de registrar la temperatura a intervalos de tiempo muy cortos o prolongados. En las zonas de cultivo someras como Laguna San Ignacio, o Bahía San Quintín, existen variaciones de temperatura de más de 15°C (figura 2), las cuales son detectables únicamente mediante registros continuos. Sin estos registros y haciendo lecturas de temperatura una vez al día como generalmente se hace, es posible que no se registren aquellos valores máximos de temperatura en las cuales los organismos se encuentran expuestos, y que pudiesen ser letales para los mismos, subestimando por tal motivo, el efecto de la temperatura.

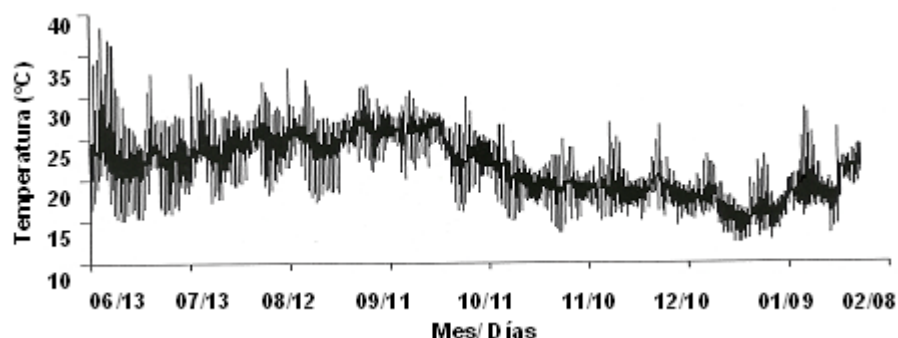


Figura 2.- Registro de temperaturas del cultivo de ostión en Laguna San Ignacio durante el periodo junio 2002 – enero 2002.

Friedman y Hedrick (1991) y Newell et al. (1994), aseguran que la causa de algunas mortandades masivas de esta especie en el Océano Pacífico ha sido la elevación en la temperatura.

Sin embargo a pesar de la gran importancia potencial de este recurso para el país, por su alto valor comercial, los trabajos realizados en ostión japonés, en su mayoría han sido enfocados a los requerimientos de cultivo y reproducción, por lo que la información de tipo fisiológico y específicamente de termotolerancia es escasa. Michell (1914) estudió el efecto de la temperatura sobre la abertura de las valvas en *C. gigas*. Le-Gall y Raillard (1988) encontraron una relación entre la temperatura, el marco de actividad y el crecimiento en esta especie mientras que Bougrier et al. (1995) encuentran en la misma especie, una relación y efecto sobre la tasa de aclaramiento y el consumo de oxígeno; Shumway y Koehn (1982) estudian el consumo de oxígeno del ostión japonés en diferentes temperaturas y salinidades en organismos aclimatados y no aclimatados. Específicamente en termotolerancia se han realizado estudios en dos especies mexicanas, la almeja catarina *Argopecten ventricosus* (Sicard-González, 1999) y el callo de hacha *Atrina maura* (Leyva-Valencia, 1999) en las cuales se ha determinado la temperatura letal superior. Respecto al ostión japonés, *Crassostrea gigas*; Shamseldin et al. (1997), realizaron un estudio en las costas del Pacífico, sobre la inducción a la termotolerancia, obteniendo resultados favorables.

La temperatura es el factor que modula algunos cambios fisiológicos en moluscos como la tasa respiratoria y las tasas de filtración y aclaramiento. En los trabajos de Read (1962), Widdows (1973), Bayne et al. (1973), Thompson y Bayne (1976) y Bruce et al. (1996) en *Mytilus edulis* y en el de Read (1962) en *Brachiodontes demissus plicatulus*, se reporta que la tasa respiratoria activa y rutinaria y la tasa de aclaramiento varían directamente proporcional

con la temperatura. Sin embargo, esta relación se mantendrá hasta un límite de tolerancia, el cual es característico de cada especie (Beiras, 1995). Según Shamseldin et al. (1997), la temperatura letal superior se puede modificar exponiendo a los organismos a niveles subletales y repentinos de temperatura. De esta manera, la termotolerancia superior de *C. gigas* en organismos aclimatados a 12°C y sometidos durante una hora a 43°C, resultó ser de 42.3°C. Esto se debe a que este límite también puede variar de acuerdo al sexo del organismo y a su edad (Green et al., 1983), a su condición nutricional, características genéticas (Newell y Pye, 1970; Wallis, 1977), a la salinidad (Poza-Boveda y Rodríguez, 1987), las variables ambientales (Newell y Pye, 1970; Bourget, 1983; Poza-Boveda y Rodríguez, 1987; Urban, 1994), la condición reproductiva y la temperatura de aclimatación (Bodoy et al., 1976; Habbib, 1977; Ansell et al., 1980 a y b; Ross, 1980; Ansell et al., 1981; Herrera et al., 1994; Quinn et al., 1994).

Uno de los factores que influyen en la termotolerancia es su variabilidad genética o heterocigosidad (Bayne, 1976). En teoría, la termotolerancia de una población cultivada en un ambiente tropical debería ser mas elevada que la de una población cultivada en condiciones templadas, debido a la selección genética producida por los acuicultores (buscada o no) al cultivar las líneas genéticas con mayores tasas de crecimiento y con mayor resistencia a las condiciones ambientales. Garton (1984) demostró que existe una relación directamente proporcional entre crecimiento y la heterocigosidad en *Mulinia lateralis*. Esta misma relación ha sido demostrada en otras especies como *Crassostrea virginica* (Koehn y Gaffney, 1984), *Mytilus edulis* (Gaffney, 1986), *Thais haemastoma* (Garton, 1984) y *Mercenaria mercenaria* (Dillon y Manzi, 1988). Este tipo de correlación se presenta preferentemente en poblaciones sujetas a medios ambientes estresantes (Scott y Koehn, 1990). Por otro lado, la posibilidad de que un organismo pueda presentar ganancia en peso sobre otro, o que tenga la capacidad de soportar condiciones adversas en el medio, están íntimamente relacionada con su eficiencia metabólica, la cual esta dada por la contribución de cada locus genético, que le confiere la flexibilidad a cada organismo de tener uno o más caminos metabólicos, y que les permite soportar condiciones adversas e incluso crecer y reproducirse (Rodhouse y Gaffney, 1984). Estos a su vez encontraron en *Crassostrea virginica*, que la reducción de la energía demandada para metabolismo (en organismos con alta heterocigosidad), resulta de una gran conservación de energía de reserva. En *Crassostrea virginica*, Shumway y Koehn (1982), demuestran que se dan altas tasas de crecimiento en organismos con mayor heterocigosidad, tal heterocigosidad se ve reflejada en un bajo metabolismo de rutina, lo que aparentemente muestra una baja en la tasa respiratoria por un aumento en la eficiencia metabólica, tal eficiencia esta dada, por una reducción en el costo de la biosíntesis de enzimas. En resumen

una mayor heterocigosidad resulta en una mayor eficiencia metabólica. Buroker et al. (1979) encuentran valores de heterocigosidad entre 20 y 22% siendo *C. gigas* la especie entre los moluscos bivalvos, que presenta los mayores valores de heterocigosidad, lo que le permite muy probablemente una mayor capacidad de adaptación a diversos ambientes. Sin embargo Correa et al. (en prensa), encontraron una heterocigosidad en esa misma especie entre 1 % hasta 4.7 % cultivados en Bahía San Quintín, México que como ya se mencionó anteriormente, los ostiones cultivados en ese sitio, provienen de desoves realizados en Estados Unidos.

Por otro lado, la temperatura letal superior es afectada también por la edad y talla del espécimen, en donde a mayor talla, menor termotolerancia (Lent, 1968; Kennedy y Milhursky, 1971). Paul (1980), encontró en *Chlamys opercularis* que las almejas de 5-10 mm de altura, fueron más resistentes a altas temperaturas que las almejas de mayor longitud (30-40 mm). Sicard-González (1999) encuentra un comportamiento similar en *Argopecten ventricosus*, en la cual, los juveniles mostraron una mayor termotolerancia que los adultos en las primeras 48 horas de exposición. Sin embargo, Beiras (1995) reporta en larvas de *Ostrea edulis* que la influencia del tamaño sobre la tasa respiratoria disminuye conforme aumenta la temperatura en un intervalo entre 10 y 22°C, lo que indica que la termotolerancia superior también puede verse modificada por este factor.

JUSTIFICACIÓN

Por lo anterior, y puesto que la temperatura es uno de los factores externos más importantes que regulan el crecimiento y la supervivencia en moluscos bivalvos, resulta importante conocer el grado de influencia de la temperatura, en organismos de distintas tallas de la especie *Crassostrea gigas*, contribuyendo con el conocimiento sobre las características biológicas de la misma. Además es conveniente saber si la termotolerancia de poblaciones geográficamente y ambientalmente diferentes se ha modificado y heredado a través del tiempo.

En el presente trabajo se pretende demostrar si existen diferencias en la termotolerancia superior de una población producida en un laboratorio Norteamericano y posteriormente cultivada en México a diferentes tallas, en contraste con una población de ostras importadas de Francia, captadas del medio natural en donde existen condiciones anuales más templadas.

OBJETIVOS

General

Comparar la temperatura letal superior en juveniles de ostión japonés *Crassostrea gigas* de dos poblaciones distintas.

Particular

- Determinar el efecto de la talla sobre la temperatura letal media superior a 24, 48, 72 y 96 h, en el ostión japonés *Crassostrea gigas*, obtenidos de reproductores provenientes de Bahía Kino, México a diferentes temperaturas de aclimatación.
- Comparar la temperatura letal media superior a 24, 48, 72 y 96 h, en juveniles de ostión japonés *Crassostrea gigas*, obtenidos de reproductores provenientes de Bahía Kino, México y de Bahía de Marennes-Oleron Charrentelle, Francia a diferentes temperaturas de aclimatación.
- Determinar con base en los registros de temperaturas superficiales de Laguna San Ignacio, si las variaciones térmicas pueden ser la causa de las mortalidades masivas de ostras en cultivo

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de organismos experimentales

Los juveniles empleados en el presente trabajo fueron producidos en el laboratorio de cultivo de moluscos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste con el método descrito por Loosanoff y Davis (1963) y Mazón-Suástegui (1996). Para esta investigación se utilizaron 20 ostras de la población de Francia y 29 de la de México. Los reproductores fueron seleccionados en el lugar de procedencia con base a la talla, la forma, la tasa de crecimiento y la condición de madurez reproductiva (figura 3). Posteriormente fueron trasladados por avión, en hieleras de poliestireno, envueltos en papel periódico humedecido. Al llegar al laboratorio,

cada uno de los organismos fueron lavados y posteriormente pesados y medidos con un calibrador.

La maduración de los reproductores de ambas poblaciones, se realizó durante 45 días a 24 ± 1 °C, y una salinidad de 39‰ y suministrando una dieta compuesta por una mezcla de las microalgas *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros calcitrans*, en proporción 1:1, a una concentración de 3.5×10^4 células/mL.

Los reproductores de ambas poblaciones fueron inducidos al desove exponiéndolos al aire por un periodo de 24 h y posteriormente colocándolos durante 15 min en tanques de 70 L con agua de mar a una temperatura de 27 °C. Posteriormente se descendió la temperatura a 15 °C. Este procedimiento se repitió hasta observar la expulsión de ovocitos y esperma. El desove de los reproductores de las dos poblaciones se llevó a cabo simultáneamente en el laboratorio el 3 de mayo del 2002. Una vez iniciado el desove, los organismos se colocaron en canastas ostrícolas Nestier dentro de un tanque cilíndrico y fondo cónico de 5,000 L, que contenía agua marina filtrada a $1\mu\text{m}$ y a una temperatura de 26 °C y a 38 ‰ de salinidad. Bajo estas condiciones los organismos desovaron en el tanque donde se realizó la fertilización, el desarrollo larvario de trocófora y el estadio larvario veliger de charnela recta o larva "D", en aproximadamente 24 h, sin más manipulación.

La fertilidad, el crecimiento larvario, el éxito de la metamorfosis y el crecimiento de juveniles de ambas poblaciones, fueron evaluados por Corral-Palomares (2003).

Aclimatación

La aclimatación de los organismos se llevó a cabo de manera gradual en ambos experimentos. En el primer experimento, en juveniles mantenidos en 19°C se incrementó 2°C por día obteniendo en dos días la temperatura de 23 °C.

Por otro lado, para el segundo experimento, la temperatura inicial fue de 26°C; incrementó 2°C en un día para obtener la temperatura de 28°C, mientras que para la aclimatación a 22°C y 15°C, se redujo la temperatura 2°C por día, hasta obtener la temperatura de 22°C en dos días y la de 15°C en seis días de aclimatación. En esta fase experimental los organismos recibieron recambios parciales diarios con dos raciones de alimento por día de 150,000 cel/mL de una mezcla de microalgas de *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros gracillis* a una proporción de 2:1.

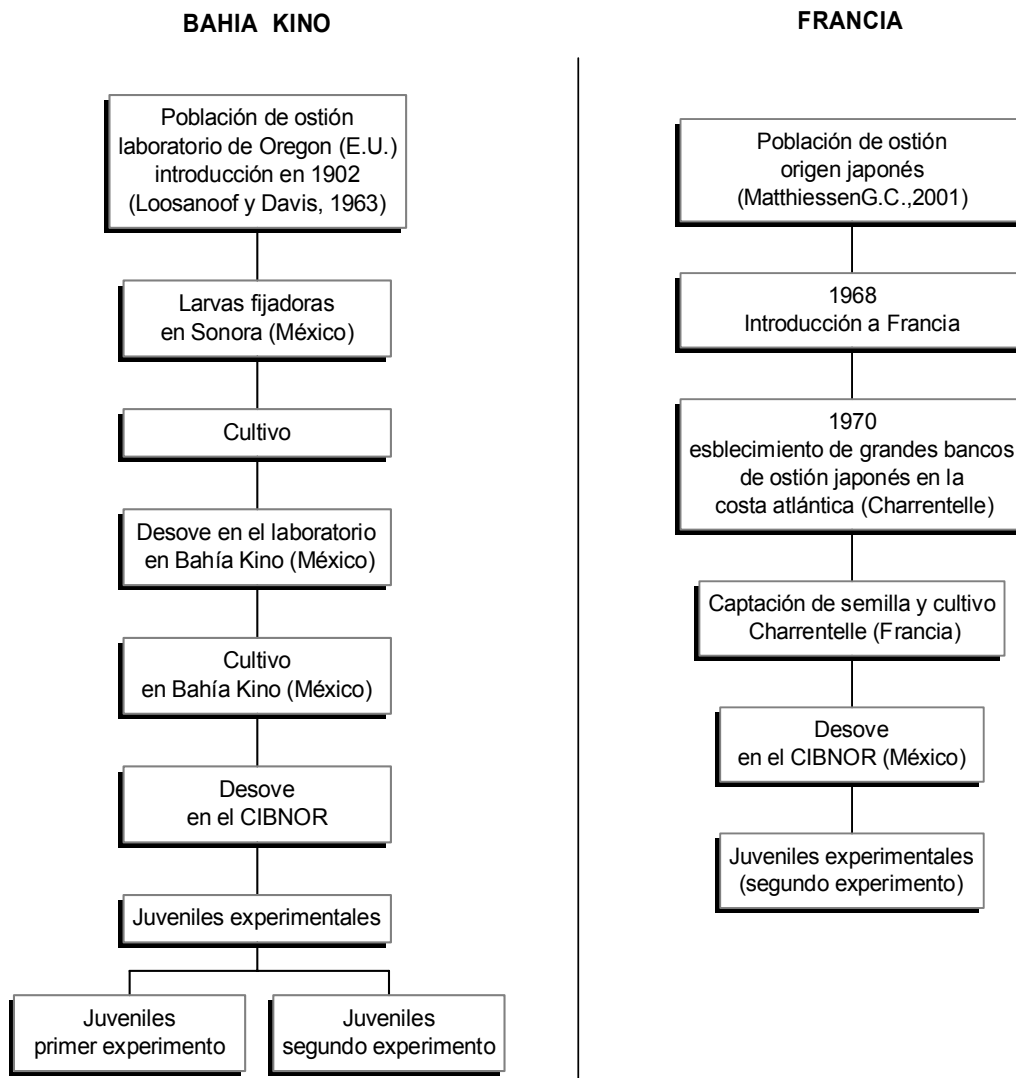


Figura 3.- Origen de las poblaciones de *Crassostrea gigas*, Bahía Kino, México y Charrentelle, Francia, para la realización de los experimentos correspondientes.

Determinación de temperatura letal

La forma que comúnmente se emplea para determinar la termotolerancia de una especie, es a través de la exposición de los organismos a diferentes tratamientos térmicos, durante 96 horas (Rand y Petrocelli, 1985). Durante ese tiempo, se cuantifica la mortalidad a tiempos predeterminados. Para el desarrollo del presente trabajo se midió la mortalidad cada dos horas durante las primeras 24 horas, y posteriormente cada 6 horas, hasta completar 96 horas de experimentación. El primer experimento se llevó a cabo con juveniles de Bahía Kino, de

una longitud promedio de 14.7 mm, alimentados con *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros gracillis* en una proporción de 2:1 y aclimatados a 19 y 23°C. Dichos organismos fueron colocados en frascos de vidrio con capacidad de 125 mL, con aireación constante, estos fueron sumergidos en tanques de plástico con 40 L (83 cm de largo, 45 cm de ancho y 35 cm alto) de agua marina a 39‰ de salinidad, y 28, 30, 35, 37, 40 y 45°C, respectivamente. Cada grupo experimental contó con 3 repeticiones de 10 organismos cada una, para cada tratamiento (Figura 4). Se realizó el mismo procedimiento para el segundo experimento, pero en este caso los organismos se aclimataron a 15, 22 y 28°C y se expusieron a las temperaturas 30, 35, 40 y 45°C (Figura 4).

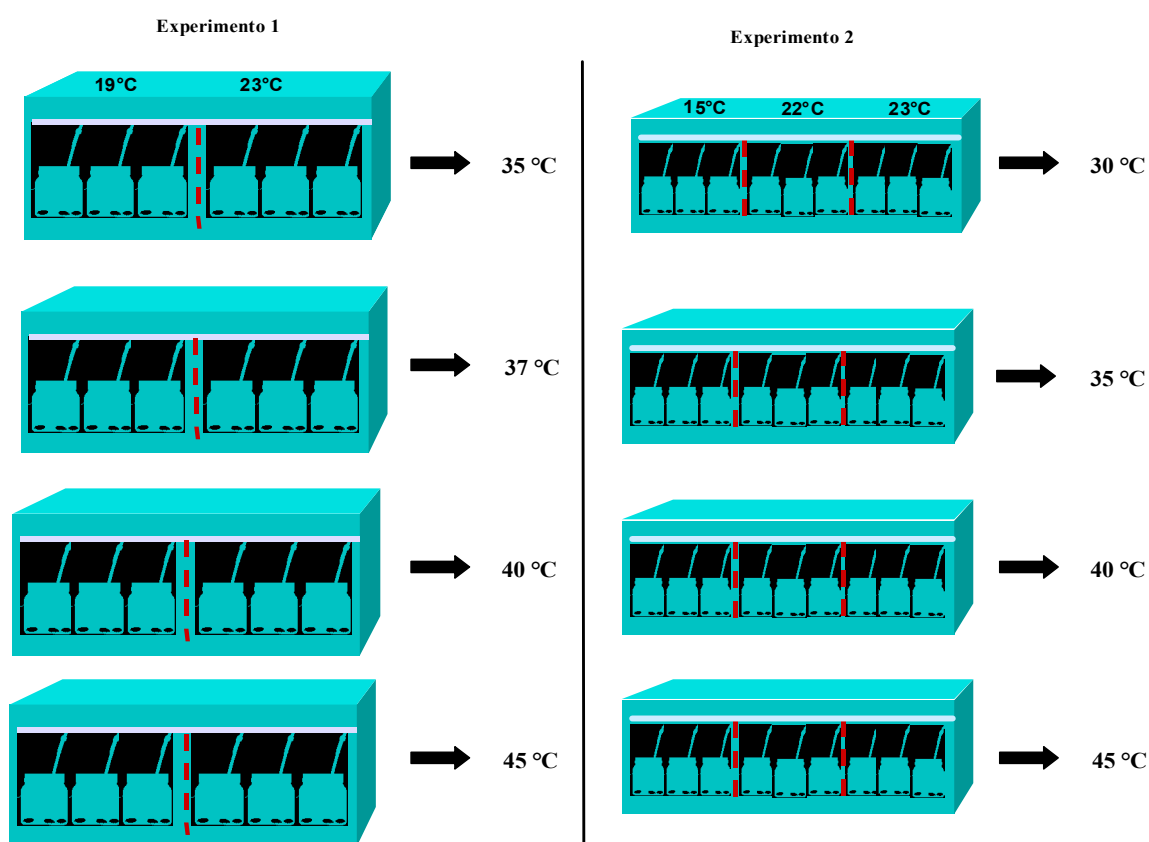


Figura 4.- Procedimiento empleado para determinar la temperatura letal superior en juveniles de *Crassostrea gigas* en 30, 37, 35, 40, 45°C, aclimatados en 19 y 23°C, con las temperaturas de aclimatación de 19 y 23°C en el primer experimento y 15, 22 y 28°C en el segundo experimento.

Los resultados se analizaron con un análisis de variancia, y en su caso de existir diferencias significativas se realizó una prueba de rangos múltiples de Tukey para encontrar los tratamientos similares o diferentes con un 95% de probabilidad. Fueron medidos 20 organismos de cada temperatura de aclimatación para posteriormente realizar la comparación por tallas.

Determinación de Temperatura Letal Media a 96 h de exposición (TLM_{96})

La temperatura letal media de los ostiones se obtuvo gráficamente, poniendo el porcentaje de supervivencia en el eje de las abcisas y la temperatura de exposición en las ordenadas. La TLM_{96} se determinó donde la temperatura cruzó el 50% de supervivencia.

Para demostrar la existencia de diferencias significativas entre las TLM_{96} de las poblaciones, se hizo un análisis de variancia, y en su caso una prueba de rangos múltiples de Tukey.

RESULTADOS

Experimento 1

Mortalidad Acumulada

En la tabla 2 se muestra el análisis de variancia practicado en las variables tiempo, temperatura experimental y temperatura de aclimatación en grados centígrados, sobre la mortalidad acumulada en juveniles de *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México. Se observaron diferencias significativas entre todas las variables (Tabla 1).

Aplicando la prueba de Tukey se encontró que no existieron diferencias significativas a temperaturas de aclimatación (TA) 19°C y 23°C expuestos a 30°C y 35°C durante las 96 horas de exposición, ya que para ambos casos la mortalidad fue cero. En el caso específico de la temperatura experimental (TE) de 37°C se observaron diferencias aparentes entre las temperaturas de aclimatación, obteniendo un 100% de mortalidad en organismos aclimatados en 19°C, contra un 15 % de mortalidad para la aclimatación en 23°C a las 96 horas. En cuanto a la TE de 40°C no se observaron diferencias significativas entre las TA, obteniéndose en ambos casos un 100% de mortalidad en 96 horas de exposición (tabla 2).

Por otro lado, se encontró que la TE de 35°C es estadísticamente diferente de la TE de 37°C, 40°C y en su caso 45°C durante las 96 horas de experimentación, se observó que las mortalidades se inician en las temperaturas experimentales más altas, para ambas temperaturas de aclimatación (figura 5). El resultado de mortalidad para la temperatura de aclimatación de 19°C, en la temperatura de experimental de 45°C, no se pudo concluir debido a un problema técnico.

Tabla 1. Análisis de variancia practicado a los resultados de tiempo, temperatura experimental (30, 35, 37, 40 y 45°C) y temperatura de aclimatación (19 y 23°C), sobre la mortalidad acumulada en juveniles de *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F	P	
Tiempo (T)	3	6347.7036	105.5401	0.0000	*
Aclimatación (Aclim)	1	4033.3333	67.0602	0.0000	*
Temperatura Experimental (T° E)	2	39681.492	659.7645	0.0000	*
T - Aclim	3	1515.1111	25.1910	0.0000	*
T - T° E	6	1743.0466	28.9808	0.0000	*
T° E - Aclim	2	8609.0547	143.1385	0.0000	*
T - Aclim - T° E	6	567.3344	9.4328	0.0000	*

* indica que los efectos son significativos al nivel establecido

Tabla 2. Mortalidad acumulada de juveniles de *Crassostrea gigas*, provenientes de la población de Bahía Kino (K), aclimatadas (TA) a 19 y 23°C, durante 96 h, bajo diferentes temperaturas de exposición (TE).

TA	TE	Tiempo (h)			
		24	48	72	96
19°C	30	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
23°C	30	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
19°C	35	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
23°C	35	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
19°C	37	3.33 ± 5.77 _a	66.67 ± 11.55 _{bd}	100 ± 0.0 _c	100 ± 0.0 _a
23°C	37	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	15 ± 7.07 _a	15 ± 7.07 _a
19°C	40	16.65 ± 11.55 _a	80 ± 0.0 _{b c}	100 ± 0.0 _c	100 ± 0.0 _a
23°C	40	53.33 ± 32.15 _b	100 ± 0.0 _c	100 ± 0.0 _c	100 ± 0.0 _a
23°C	45	60 ± 34.64 _b	96.65 ± 5.77 _c	100 ± 0.0 _c	100 ± 0.0 _a

medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey p>0.05)

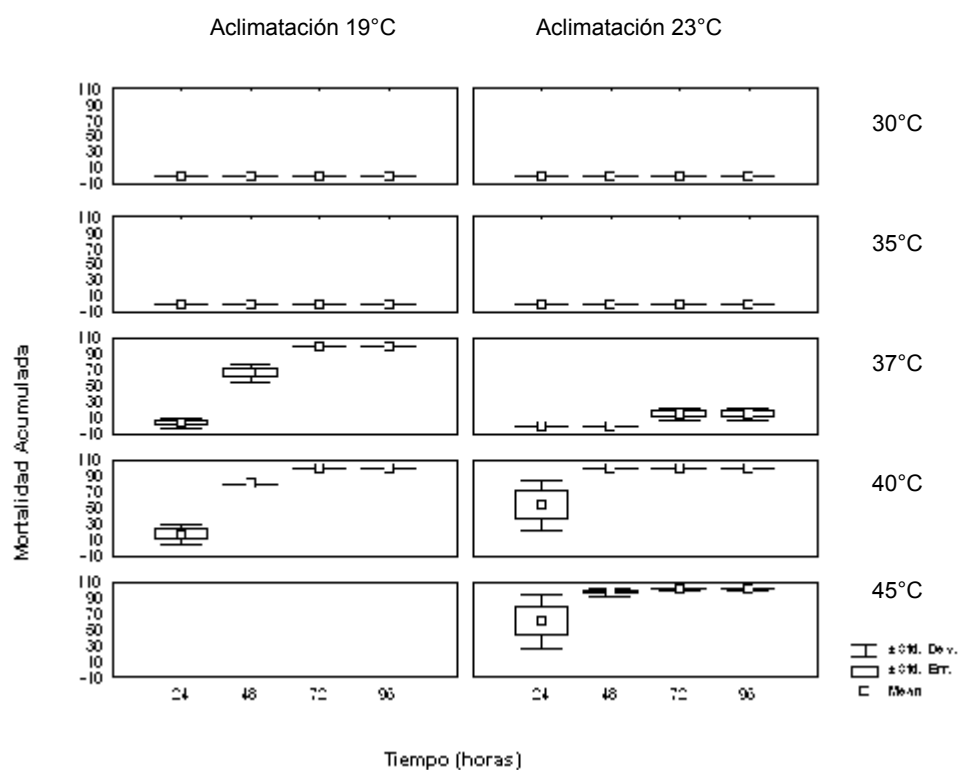
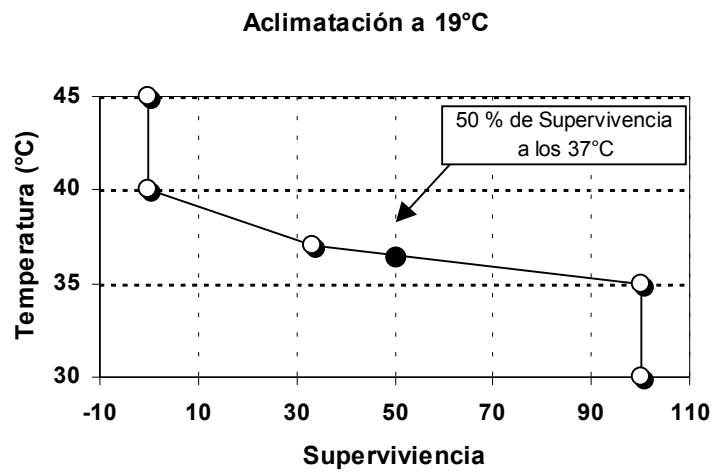


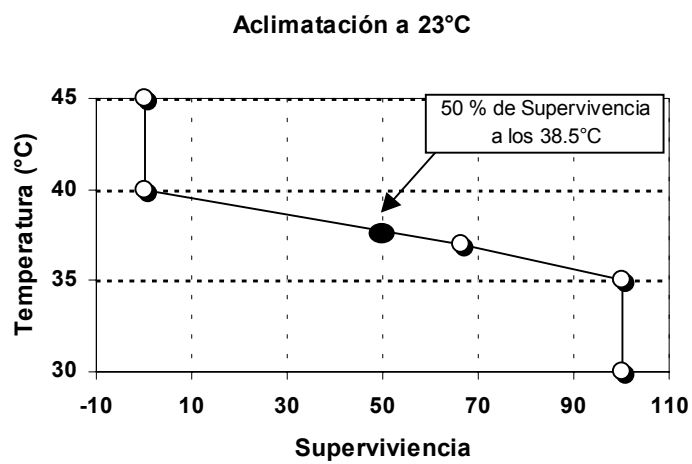
Figura 5.- Mortalidad acumulada de juveniles de *Crassostrea gigas*, provenientes de la población de Bahía Kino (K), a las temperaturas experimentales (TE) 30, 35, 40, 45°C y de aclimatación 19 y 23°C, durante 96 h de exposición.

Temperatura letal media superior (TLM)

La temperatura letal media encontrada en la temperatura de aclimatación de 19°C en organismos juveniles de *Crassostrea gigas* fue de 37°C, mientras que a una temperatura de 23°C la TLM₉₆, fue de 38.5°C (figura 6a y b).



6a



6b

Figura 6. Temperatura Letal media superior a 96 horas de exposición, de juveniles de ostión *Crassostrea gigas* aclimatados a 19°C (a) y 23°C (b).

Puesto que al aplicar el método de Rand y Procelli (1985) no se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas de aclimatación a las 96 horas de exposición. Se analizó el promedio de TLM, obtenido a partir de la TLM de cada réplica por tratamiento, cada 24 horas. El análisis de varianza aplicado a dichos promedios, en los tratamientos de tiempo y aclimatación, si muestran diferencias significativas entre todas las variables (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de variancia practicado a los resultados del tiempo y aclimatación en 19 y 23°C, sobre la temperatura letal media superior en juveniles de *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México.

FUENTE DE VARIACION	G.L	CUADRADOS MEDIOS	F	P	
Tiempo	3	9.1919	79.3541	0.0000	*
Aclimatación	2	37.1103	320.3765	0.0000	*
Tiempo - Aclimatación	6	4.8344	41.7354	0.0000	*

* indica que los efectos son significativos al nivel establecido

Los organismos juveniles de Bahía Kino, México, aclimatados en 19 y 23°C durante las primeras 24 horas de exposición no registraron valores del 50% de mortalidad, por lo que en, este tiempo la temperatura no llega a niveles de letalidad media.

No presentaron diferencias significativas entre las TLM a 48, 72 y 96 horas, tanto en 19°C como en 23°C, sin embargo se observa una tendencia de disminuir la TLM conforme se incrementa el tiempo en ambas temperaturas de aclimatación. Se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas de aclimatación 19 y 23°C a 96 horas de exposición, con un valor de TLM de 37.5 y 40.6 respectivamente. El valor más alto de TLM fue de 41.63 y se obtuvo en la temperatura de aclimatación de 23°C a las 48 horas de exposición (Figura 7 y Tabla 4).

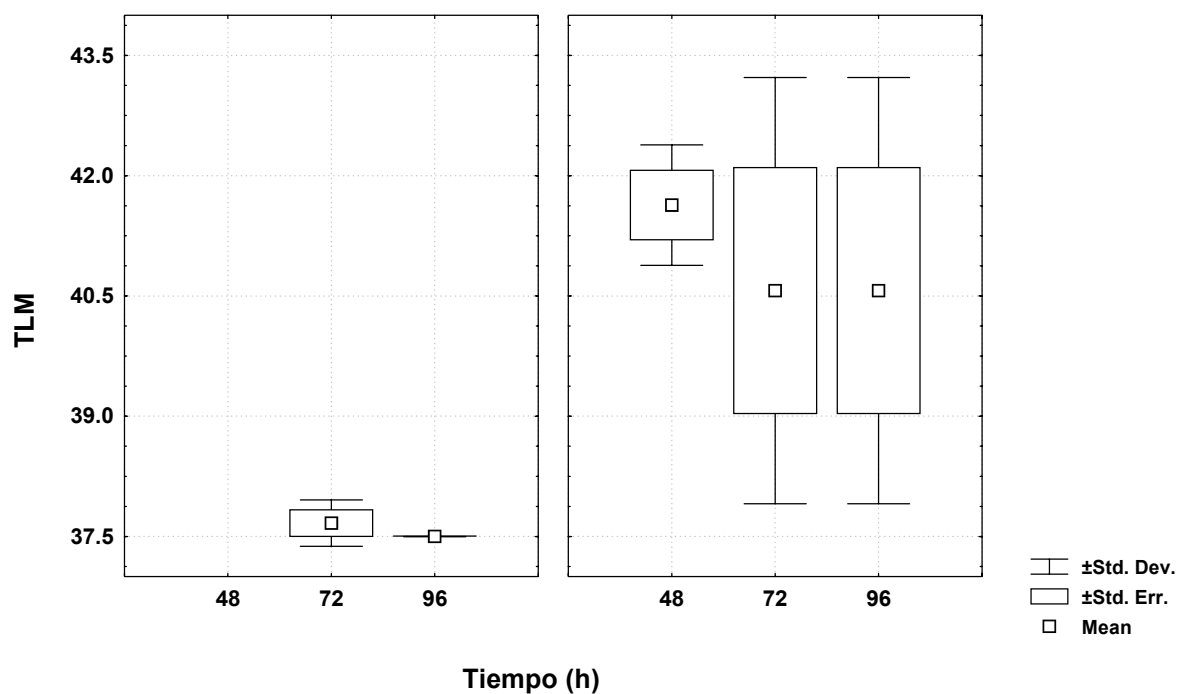


Figura 7. Temperatura Letal Media Superior hasta 96 horas de exposición, cada 24 horas, de juveniles de *Crassostrea gigas*, aclimatados previamente en 19 y 23°C.

Tabla 4. Prueba de rangos múltiples de Tukey para definir las diferencias entre las temperaturas letales, hasta 96 horas de exposición, cada 24 horas, de juveniles de *Crassotres gigas*, aclimatados previamente a 19 y 23 °C .

TIEMPO (h)	ACLIMATACION (°C)	TLM	SD (±)	
48	19			
48	23	41.6333	0.75	a
72	19	37.6667	0.29	bc
72	23	40.5667	2.66	ac
96	19	37.5000	0.00	b
96	23	40.5667	2.66	ac

medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey $p > 0.05$). celdas en blanco indican mortalidad menor al 50%.

Experimento 2

El Análisis de variancia practicado a las variables de tiempo, temperatura experimental y temperatura de aclimatación, sobre la mortalidad acumulada en juveniles de *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México y Charrentelle, Francia, indicó que existen diferencias significativas entre las variables tiempo, temperatura experimental y de aclimatación en las dos poblaciones (tabla 5a y b).

Tabla 5. Análisis de varianza practicado a los resultados del tiempo, temperatura experimental y temperatura de aclimatación a 15, 22 y 28°C, sobre la mortalidad acumulada en juveniles de ostión *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México (a) y Charrentelle, Francia (b).

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L	CUADRADOS MEDIOS	F	P	
Tiempo (T)	3	5512.0371	96.7967	0.0000	*
Aclimatación (Aclim)	2	3896.5278	68.4268	0.0000	*
T° Experimental (T° E)	3	81752.7813	1435.6586	0.0000	*
T – Aclim	6	447.4537	7.8577	0.0000	*
T - T° E	9	1173.1482	20.6016	0.0000	*
T° E –Aclim	6	3318.7500	58.2805	0.0000	*
T - Aclim - T° E	18	673.3796	11.8252	0.0000	*

* indica que los efectos son significativos al nivel establecido

5a

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L	CUADRADOS MEDIOS	F	P	
Tiempo (T)	3	5948.1479	164.7179	0.0000	*
Aclimatación (Aclim)	2	4638.1943	128.4423	0.0000	*
T° Experimental (T° E)	3	81735.1875	2263.4358	0.0000	*
T – Aclim	6	258.5648	7.1603	0.0000	*
T - T° E	9	1264.8148	35.0256	0.0000	*
T° E –Aclim	6	2440.0464	67.5705	0.0000	*
T - Aclim - T° E	18	867.8241	24.0321	0.0000	*

* indica que los efectos son significativos al nivel establecido

5b

Por otro lado, y de igual manera que lo ocurrido en la primera etapa experimental, la población de Bahía Kino, y para este caso, también la población de Charrentelle, Francia, presentaron 100% de mortalidad en 40 y 45°C en las tres temperaturas de aclimatación (15, 22 y 28°C) al término de 96 horas de exposición, por lo que no se observaron diferencias significativas entre

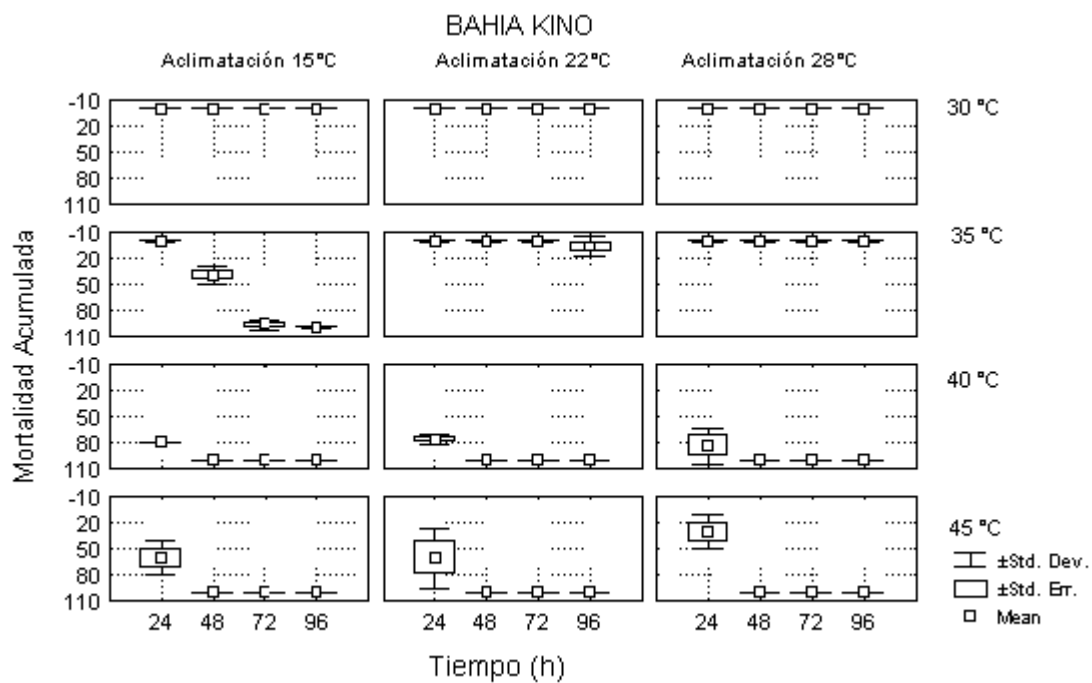
estas temperaturas de aclimatación, considerando dichas temperaturas experimentales; mientras que en la temperatura experimental de 30°C se obtuvo un 0% de mortalidad en todas las temperaturas de aclimatación, por lo que se muestran diferencias estadísticas entre las temperaturas experimentales de 30°C respecto a las de 40 y 45°C. En cuanto a 35°C se observaron diferencias estadísticamente significativas de mortalidad por temperatura de aclimatación, en donde, se encontró en 15°C un 100% mortalidad y 22 - 28°C alrededor de 100% de supervivencia. No se observaron diferencias significativas por día, entre las poblaciones respecto a ninguno de los tratamientos (figuras 8a, 8b y tabla 6).

Tabla 6. Mortalidad acumulada de los juveniles de *Crassostrea gigas*, durante 96 horas, a diferentes temperaturas de aclimatación (**A**) y de exposición (**TL**), en organismos de la población (**P**) de Bahía Kino, México (**K**) y Charrentelle, Francia (**F**).

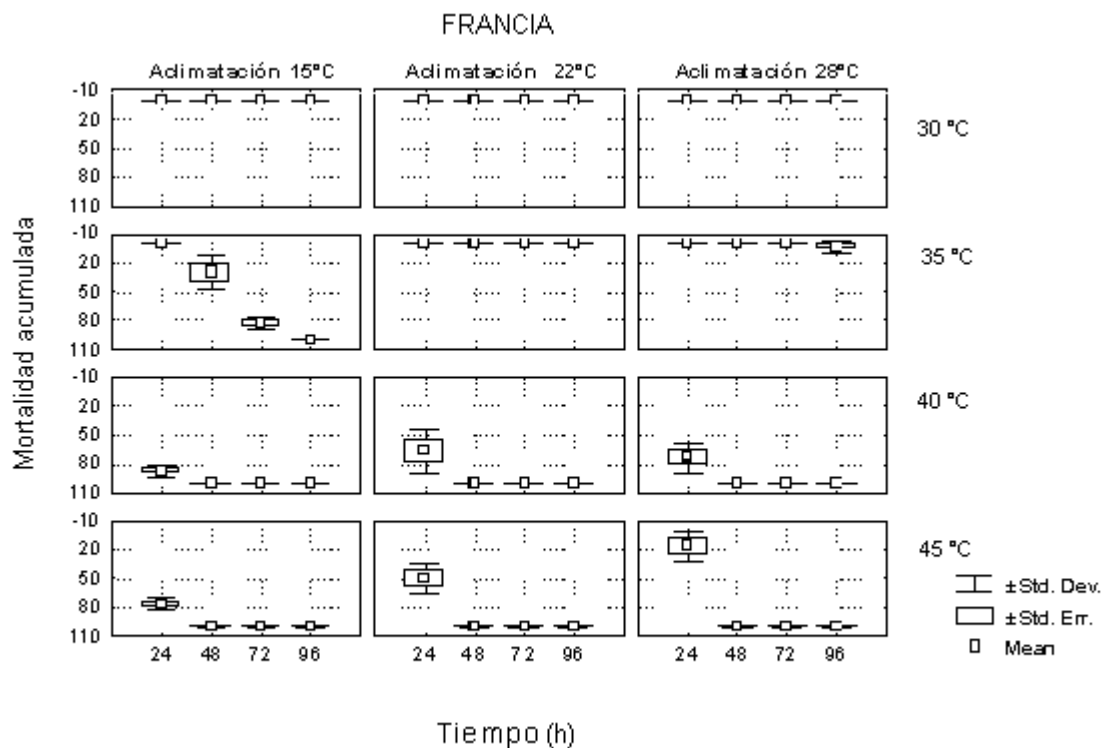
P	A	TL	Tiempo (h)			
			24	48	72	96
F	15°C	30	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
K	15°C	30	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
F	22°C	30	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
K	22°C	30	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
F	28°C	30	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
K	28°C	30	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
F	15°C	35	0.0 ± 0.0 _a	30.00 ± 17.32 _{bd}	83.33 ± 5.77 _{fe}	100 ± 0.0 _a
K	15°C	35	0.0 ± 0.0 _a	40.00 ± 10.00 _{bdc}	96.67 ± 5.77 _{fe}	100 ± 0.0 _a
F	22°C	35	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
K	22°C	35	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	6.67 ± 11.55 _a
F	28°C	35	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	3.33 ± 5.77 _a
K	28°C	35	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a	0.0 ± 0.0 _a
F	15°C	40	86.67 ± 5.77 _{fe}	100 ± 0.0 _e	100 ± 0.0 _e	100 ± 0.0 _e
K	15°C	40	80.00 ± 0.00 _{c_f}	100 ± 0.0 _e	100 ± 0.0 _e	100 ± 0.0 _e

F	22°C	40	$66.67 \pm 23.10_{cf}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
K	22°C	40	$76.67 \pm 5.77_{cf}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
F	28°C	40	$73.33 \pm 15.28_{cf}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
K	28°C	40	$83.33 \pm 20.82_{fe}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
F	15°C	45	$76.67 \pm 5.77_{cf}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
K	15°C	45	$60.00 \pm 20.0_c$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
F	22°C	45	$50.0 \pm 17.32_{bc}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
K	22°C	45	$60.0 \pm 34.64_{bc}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
F	28°C	45	$16.67 \pm 15.28_{ad}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$
K	28°C	45	$30.00 \pm 20.00_{bd}$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$	$100 \pm 0.0_e$

medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$)



8a



8b

Figura 8.- Temperatura Letal Media Superior hasta 96 horas de exposición, cada 24 horas, de juveniles de *Crassostrea gigas*, aclimatados previamente a 19 y 23°C.

Por otro lado, considerando los incrementos de temperatura entre la temperatura de aclimatación (22, 23 y 28°C) y la temperatura experimental (30, 35, 40 y 45°C), se observó de igual manera para ambas poblaciones, una tendencia a incrementar la mortalidad acumulada, conforme aumentan las diferencias térmicas entre las temperaturas de aclimatación y experimental. De igual manera la mortalidad acumulada se incrementa con el tiempo de exposición. Sin embargo con diferencias térmicas de 2 y 8°C, no ocurre mortalidad, incluso, incrementando el tiempo de exposición a 96 horas (figura 9).

Otro punto importante es que la mortalidad acumulada varia no solo con el grado de incremento térmico, sino además con la temperatura de aclimatación de la cual se parte. Es decir, que con un incremento térmico de 15 °C, partiendo de una temperatura de aclimatación de 15°C y sometidos a 30°C no se presenta mortalidad acumulada; un comportamiento similar se observa, en diferencia térmica de 13 °C obtenida de 22 a 35°C. Mientras que a una diferencia térmica (ΔT) de 12°C, partiendo de una temperatura de aclimatación de 28°C y sometidos a 40°C, se obtiene el 100% de mortalidad acumulada a las 48 h. A partir de la

diferencia térmica de 17°C se observa un 100% de mortalidad acumulada a las 96 horas de exposición en ambas poblaciones (tabla 7 a y b).

Tabla 7. Mortalidad acumulada de juveniles de *Crassostrea gigas*, de la población de Bahía Kino (México) (a), y Charrentelle, (Francia) (b) en relación al grado de diferencia térmica (ΔT), entre diferentes temperaturas de aclimatación 15, 22 y 28°C (TA) y exposición 30, 35, 40 y 45°C (TE), durante 96 horas.

Diferencias térmicas	TA -TE	Tiempo (h)			
		24	48	72	96
2	28-30	0	0	0	0
7	28-35	0	0	0	0
8	22-30	0	0	0	0
12	28-40	83.33	100	100	100
13	22-35	0	0	0	6.67
15	15-30	0	0	0	0
17	28-45	30	100	100	100
18	22-40	76.67	100	100	100
20	15-35	0	40	96.67	100
23	22-45	60	100	100	100
25	15-40	80	100	100	100
30	15-45	60	100	100	100

7a

Diferencias térmicas	TA -TE	Tiempo (h)			
		24	48	72	96
2	28-30	0	0	0	0
7	28-35	0	0	0	3.33
8	22-30	0	0	0	0
12	28-40	73.33	100	100	100
13	22-35	0	0	0	0
15	15-30	0	0	0	0
17	28-45	16.66	100	100	100
18	22-40	66.66	100	100	100
20	15-35	0	30	83.33	100
23	22-45	77.66	100	100	100
25	15-40	86.66	100	100	100
30	15-45	76.66	100	100	100

7b

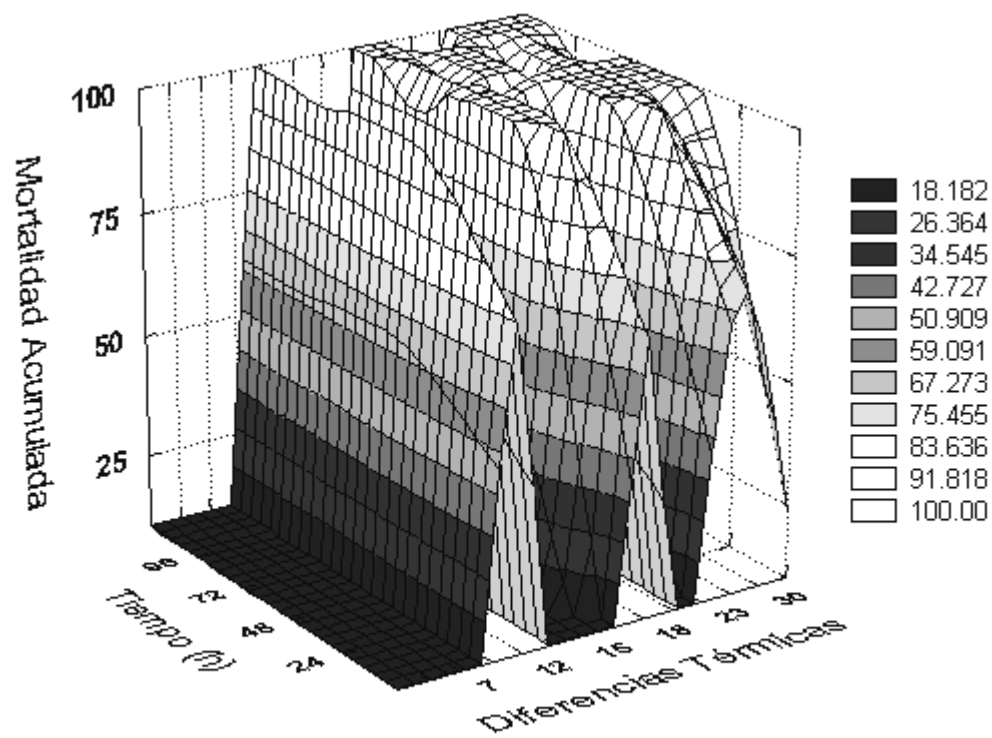
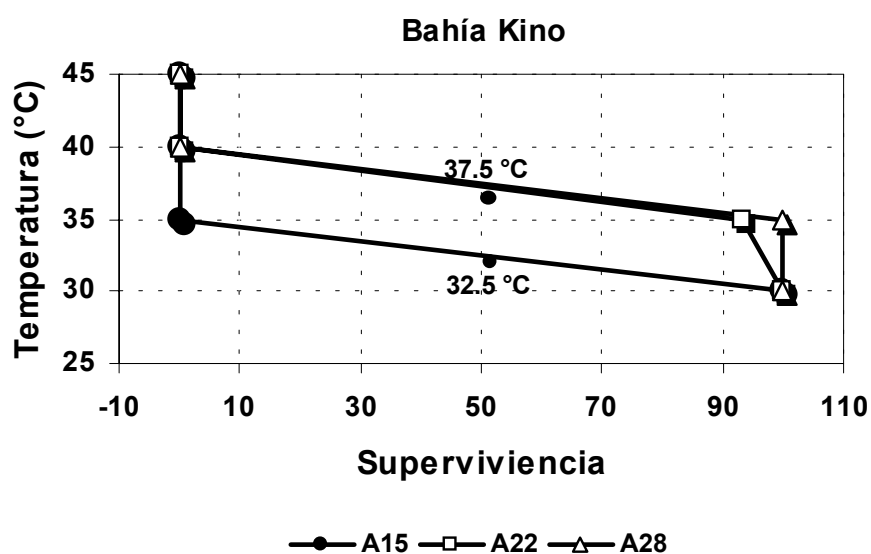


Figura 9. Mortalidad acumulada de juveniles de *Crassostrea gigas*, de la población Bahía Kino (México), en relación al grado de diferencia térmica (ΔT), entre diferentes temperaturas de aclimatación 15, 22 y 28°C (TA) y exposición 30, 35, 40 y 45°C (TE), durante 96 horas.

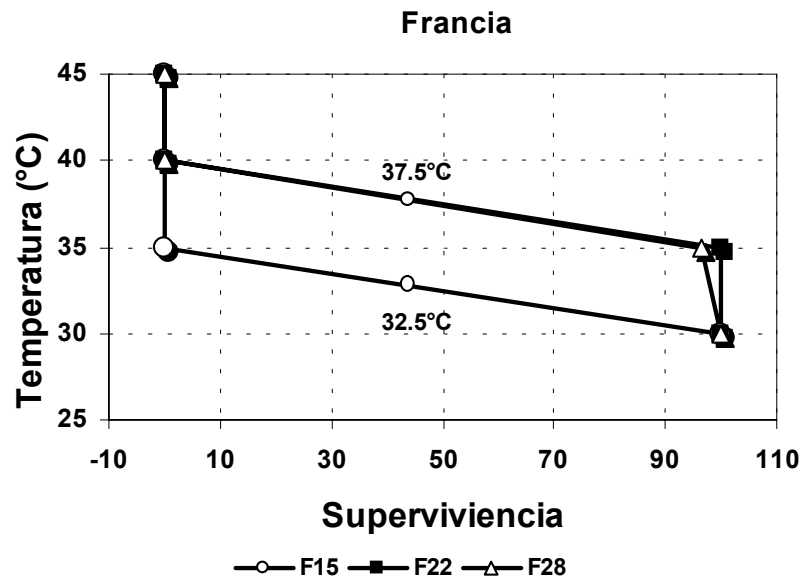
Temperatura letal media superior

Poblaciones (Bahía Kino, México - Charrentelle, Francia)

En el caso de las poblaciones, no se presentaron diferencias en la TLM_{96} en ninguna de las temperaturas de aclimatación. Sin embargo, se encontraron diferencias entre las temperaturas de aclimatación de 15°C con 22°C y 28°C, con una TLM_{96} para 15°C de 32.5°C, y una TLM_{96} de 37.5°C para 22°C y 28°C, de igual manera en ambas poblaciones Figuras (10 a y b).



10a



10b

Figura 10 . Mortalidad acumulada de juveniles de *Crassostrea gigas*, de la población de Bahía Kino (México), en relación al grado de diferencia térmica, entre diferentes temperaturas de aclimatación 15, 22 y 28°C (TA) y exposición 30, 35, 40 y 45°C (TE), durante 96 horas.

De igual manera que en el primer experimento se analizó el promedio de TLM, obtenido a partir de la TLM de cada réplica por tratamiento, cada 24 horas. El análisis de varianza practicado a los resultados del tiempo y temperatura de aclimatación indican la presencia de diferencias significativas entre las poblaciones, las temperaturas de aclimatación y el tiempo (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza practicado a los resultados del tiempo y temperatura de aclimatación en 15, 22 y 28 °C, sobre la temperatura letal media superior en juveniles de *Crassostrea gigas* de las poblaciones de Charrentelle, Francia (F) y de Bahía Kino, México (K).

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L	CUADRADOS MEDIOS	F	P	
Tiempo (T)	3	34.8775	102.6649	0.0000	*
Aclimatación (Aclim)	2	82.5660	243.0397	0.0000	*
Población (P)	1	4.8568	14.2964	0.0004	*
T – Aclim	6	7.8689	23.1629	0.0000	*
T – P	3	3.0768	9.0568	0.0001	*
Aclim – P	2	0.8351	2.4583	0.0963	
T - Aclim – P	6	1.5774	4.6431	0.0009	*

* indica que los efectos son significativos al nivel establecido

Los juveniles de ambas poblaciones no presentaron diferencias significativas en la temperatura letal media (TLM) superior de las 24 horas de exposición a las 96 horas en las temperatura de 15 y 22 °C, aunque en general se observa una tendencia por presentar la población de Francia una TLM mayor. En el caso particular de 28 °C, en las primeras 24 horas la población de Francia presentó un valor de TLM de 42°C, superior al encontrado en la población de Bahía Kino, México el cual fue de 38.1°C. Se observa también que ambas poblaciones presentan un comportamiento similar en las diferentes temperaturas de aclimatación, disminuyendo su TLM conforme se incrementa su tiempo de exposición, el cambio más drástico se observa en 15 °C de aclimatación. Las diferencias significativas en la TLM, se presentaron para Bahía Kino, México entre las primeras 24 horas (37.5°C) y las 48 horas (35.76°C); y para ambas poblaciones entre las 48 horas y las 72 y 96 horas de exposición. En relación a la temperatura de aclimatación también se observan diferencias significativas entre la temperatura de 15 °C y 22-28 °C de las 72 horas en adelante, de manera muy similar en ambas poblaciones, además la TLM superior aumenta al incrementar la temperatura de aclimatación, con valores que van de 32.6 y 32.9°C a las 72 horas, para Bahía Kino y Charrentelle, respectivamente y 37.5°C a las 96 horas en ambas poblaciones. Sin embargo se observa una reducción de la TLM superior conforme se incrementa el tiempo de exposición se presentan diferencias significativas entre los tiempos de exposición en las

diferentes temperaturas de aclimatación, esto se observa en mayor medida, en la temperatura de aclimatación de 15°C, en ambas poblaciones (tabla 9 y figura 11).

Tabla 9. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey donde se comparan los resultados del tiempo y temperatura de aclimatación en °C, sobre la temperatura letal media superior en juveniles de ostión *Crassostrea gigas* de las poblaciones de Charrentelle, Francia (F) y de Bahía Kino, México (K).

Población Aclimatación (°C)	Tiempo (h)	TLM	SD	
F15	24	37.8667	0.1155	
K15	24	37.5000	0.0000	ac
F22	24	39.1667	2.0207	a
K22	24	38.1667	0.2887	a
F28	24	42.0000	1.1358	b
K28	24	38.1000	0.7937	a
F15	48	36.3333	1.1547	cd
K15	48	35.7667	0.7506	d
F22	48	37.5000	0.0000	acd
K22	48	37.5000	0.0000	acd
F28	48	37.5000	0.0000	acd
K28	48	37.5000	0.0000	acd
F15	72	32.9333	0.1155	e
K15	72	32.6000	0.1732	e
F22	72	37.5000	0.0000	cd
K22	72	37.5000	0.0000	cd
F28	72	37.5000	0.0000	cd
K28	72	37.5000	0.0000	cd
F15	96	32.5000	0.0000	e
K15	96	32.5000	0.0000	e
F22	96	37.5000	0.0000	cd
K22	96	37.3333	0.2887	cd
F28	96	37.4000	0.1732	cd
K28	96	37.5000	0.0000	cd

medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$)

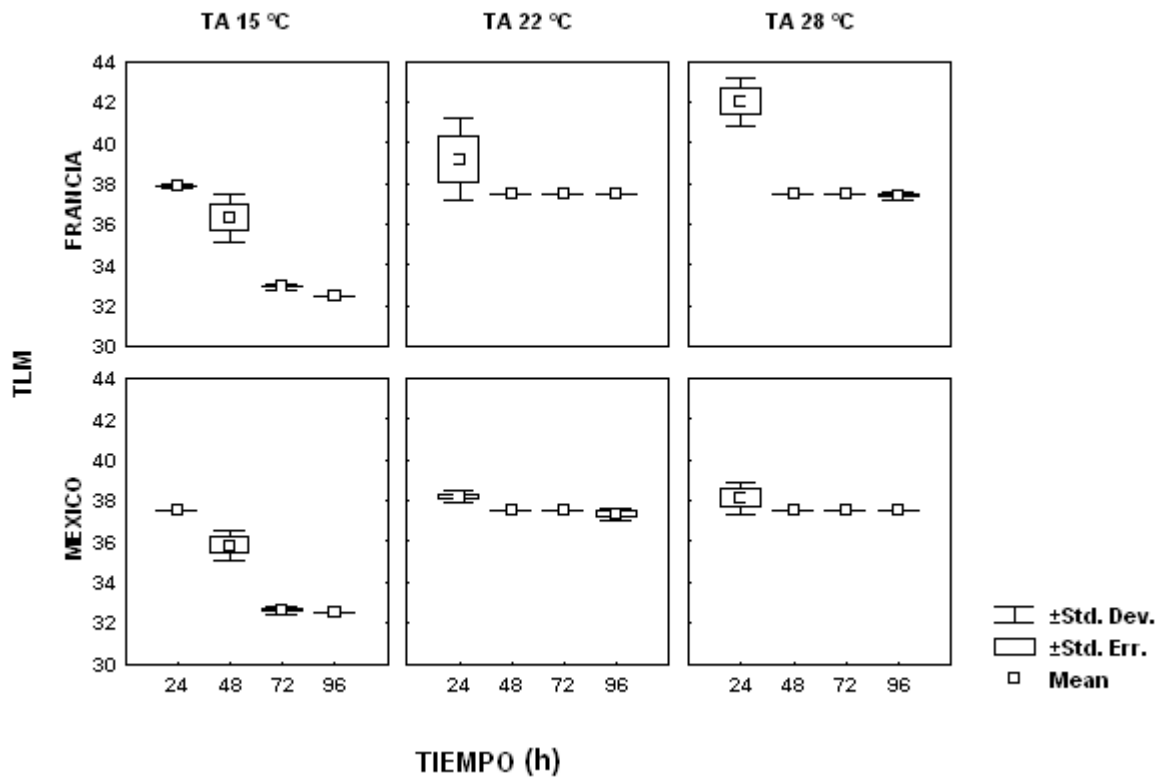


Figura 11. Temperatura letal media (TLM) a 24, 48, 72 y 96 horas, de juveniles de *Crassostrea gigas*, aclimatados a diferentes temperaturas (TA) 15, 22 y 28°C, de dos poblaciones diferentes (Charrentelle, Francia y Bahía Kino, México).

Comparación de la TLM superior en relación a la talla, en ostras de la población de Bahía Kino, México

Promedio de Tallas experimento 1

No se encontraron diferencias estadísticas entre los promedios de tallas de 19°C y 23°C, empleados para esta etapa experimental (Tabla 10).

Tabla 10 . Promedio de tallas obtenidas para los juveniles de *Crassostrea gigas*, aclimatados a 19°C y 23°C, de la población de Bahía Kino, México (K).

Aclimatación (°C)	Media (mm)	sd	n
19	15.173	1.7	20
23	14.2645	1.33	20

medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey $p>0.05$)

Promedio de tallas experimento 2.

No se encontraron diferencias estadísticas entre los promedios de tallas de 15, 22 y 28°C, en las diferentes temperaturas experimentales dentro de las poblaciones y entre las mismas (Tabla 11).

Tabla 11. Promedio de tallas obtenidas para los juveniles de *Crassostrea gigas* de las poblaciones de Bahía Kino, México (K) y Charrentelle, Francia (F), aclimatados (A) a 15°C, 22°C y 28°C, bajo las temperaturas letales (TL) de 30°C, 35°C, 40°C y 45°C.

Población	TA	TE	media	sd	n
F	15	30	10.02 _a	1.34	20
K	15	30	9.93 _a	1.34	20
F	15	35	10.31 _a	1.15	20
K	15	35	9.92 _a	1.09	20
F	15	40	10.18 _a	1.31	20
K	15	40	10.11 _a	0.075	20
F	15	45	10.14 _a	1.25	20
K	15	45	9.269 _a	1.16	20
F	22	30	10.16 _a	0.9	20
K	22	30	10.16 _a	1.08	20
F	22	35	10.1 _a	1.06	20
K	22	35	9.92 _a	1.31	20
F	22	40	10.17 _a	0.99	20
K	22	40	9.98 _a	1.3	20
F	22	45	10.17 _a	1.23	20
K	22	45	10.1 _a	1.29	20
F	28	30	10.58 _a	1.29	20
K	28	30	10.31 _a	1.26	20
F	28	35	10.41 _a	1.11	20
K	28	35	10.08 _a	1.09	20
F	28	40	10.32	1.31	20
K	28	40	10.38	1.56	20
F	28	45	10.56 _a	1.31	20
K	28	45	10.03 _a	1.43	20

medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$)

Comparación por tallas de juveniles de *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México, entre el experimento 1 y 2.

El análisis de variancia entre las temperaturas de aclimatación empleadas en las dos etapas experimentales muestran que sí hay diferencias significativas entre las tallas. La prueba de Tukey mostró que dichas diferencias se encontraron entre las dos etapas experimentales, mientras que no se presentaron diferencias significativas entre las temperaturas de aclimatación dentro de la fase experimental, como se mostró anteriormente (tablas 12 y 13). Es importante hacer notar que los datos de tallas empleados en el segundo experimento, fueron el promedio de las temperaturas de exposición para cada temperatura de aclimatación (figura 12).

Tabla 12. Análisis de varianza practicado a los resultados de tallas en cada una de las temperaturas de aclimatación en °C, en juveniles de *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México.

FUENTE DE VARIACION	G.L	Cuadrados medios	F	P
Aclimatación	4	135.23	107.54	0 *

* indica que los efectos son significativos al nivel establecido

Tabla 13. Prueba de rangos múltiples de Tukey para definir las diferencias entre las tallas de juveniles de *Crassostrea gigas*, de la población de Bahía Kino, México aclimatados previamente a 15, 19, 22, 23 y 28°C .

Aclimatación (°C)	Talla (mm)	sd
23	15.17	1.71 _a
19	14.26	1.33 _a
15	9.81	0.59 _b
22	10.04	0.80 _b
28	10.20	0.78 _b

medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey $p > 0.0$)

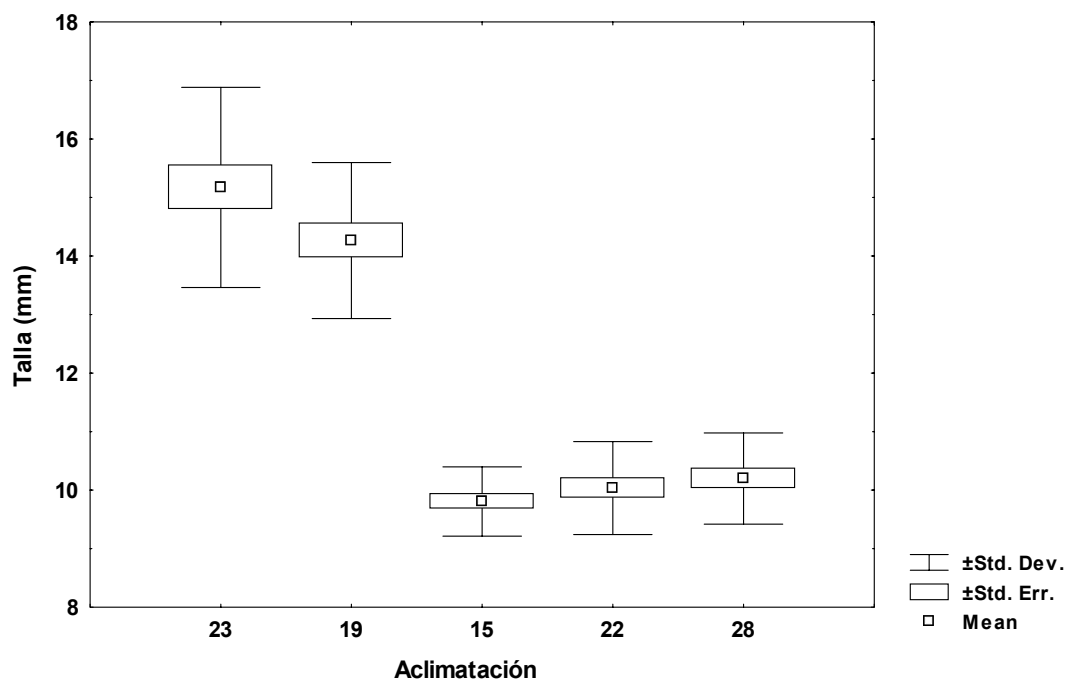


Figura 12. Medias y desviaciones estándar de tallas, de los juveniles de *Crassostrea gigas* de Bahía Kino, México, en las temperaturas de aclimatación a 15, 19, 22, 23 y 28°C.

Comparación de TLM entre primer y segundo experimento

El análisis de varianza realizado en las todas las temperaturas de aclimatación empleadas en organismos de Bahía Kino, México para determinar diferencias entre TLM, señala diferencias significativas entre los tiempos experimentales, la aclimatación y entre estas (tabla 14).

Tabla 14. Análisis de varianza practicado a las TLM en cada una de las temperaturas de aclimatación (15, 19, 22, 23 y 28°C), en *Crassostrea gigas* de la población de Bahía Kino, México.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L	Cuadradps Medios	F	P
TIEMPO (T)	3	701.22	867.6706	0.00000 *
ACLIMATACION (ACLIM)	4	739.10	914.541	0.00000 *
T – ACLIM	12	496.72	614.6284	0.00000 *

* indica que los efectos son significativos al nivel establecido

La prueba de Tukey muestra que hay diferencias significativas a las 24 y 48 horas entre las temperaturas de 19 – 23°C y entre 15 –22- 28°C, las cuales corresponden al experimento 1 y al experimento 2, respectivamente (Tabla 15). Las diferencias son más notables entre los organismos de tallas más grandes (primer experimento) respecto a los pequeños (experimento 2), incluso en las primeras 24 horas no se encontraron mortalidades de más del 50% en los organismos grandes, como ya se había mostrado anteriormente. Por otro lado, aunque en las horas posteriores a las 48 horas no se encuentran diferencias significativas entre los organismos por temperaturas de aclimatación, si se observa una tendencia de una mayor TLM para las ostras de mayor talla, con respecto a las de menor talla (figura 13). Por su parte, los organismos aclimatados previamente a 23°C, muestran diferencias significativas con el resto de las temperaturas de aclimatación en todos los tiempos de exposición, las diferencias disminuyen conforme se incrementa el tiempo, además de ser la temperatura con organismos de mayor promedio de talla así como, la temperatura con TLM, cuyo valor fue de hasta 41.63°C, mientras que la TLM menor fue de 32.5°C presentada por la temperatura de aclimatación de 15°C cuyo promedio de tallas fue de 9.81 mm, siendo este valor el menor promedio de talla entre las temperaturas de aclimatación empleadas.

Relacionando la talla promedio de 15.14 mm que corresponde a la temperatura de aclimatación de 23°C, con la talla promedio de 10.04 mm que corresponde a la temperatura de aclimatación más próxima (22°C), encontramos que aún con temperaturas muy semejantes se presentan diferencias significativas, entre los TLM encontrados para estas tallas, los organismos de mayor tamaño presentaron mayor termotolerancia que los pequeños (figura 14). Lo anterior se observa también en la temperatura de aclimatación de 19°C, el cual presentó valores de TLM a 72 y 96 h, de 37.67 y 37.5°C respectivamente, que son muy semejantes a los obtenidos la temperaturas de aclimatación mayores a esta. Por otro lado,

en la aclimatación en 19 °C, al igual que en la de 23°C, no presentaron mortalidad las primeras 24 horas, e incluso para 19°C la mortalidad se presentó después de las 48 horas. Por lo que una vez más los organismos de tallas mayores presentan una mayor tolerancia a las temperaturas superiores (Figura 14).

Tabla 15. Prueba de rangos múltiples de Tukey para definir las diferencias entre Temperatura Letal Media superior de *Crassostreas gigas*, aclimatados previamente a 19, 23°C y 15, 22, y 28 °C, con juveniles de diferentes promedios de tallas 15.17 y 14.26 mm, así como 9.81, 10.04 y 10.2 mm respectivamente.

Tiempo (h)	Aclimatación (°C)	TLM	sd
24	15	37.50	0.0000 a
24	19	-----	-----
24	22	38.17	0.2887 a
24	23		
24	28	38.10	0.7937 a c
48	15	35.77	0.7506 a
48	19	-----	-----
48	22	37.50	0.0000 a
48	23	41.63	0.7506 b
48	28	37.50	0.0000 a
72	15	32.60	0.1732 d
72	19	37.67	0.2887 a
72	22	37.50	0.0000 a
72	23	40.57	2.6577 b c
72	28	37.50	0.0000 a
96	15	32.50	0.0000 d
96	19	37.50	0.0000 a
96	22	37.33	0.2887 a
96	23	40.57	2.6577 b c
96	28	37.50	0.0000 a

medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey $p>0.05$. En espacios en blanco se presentó menor del 50% de supervivencia.

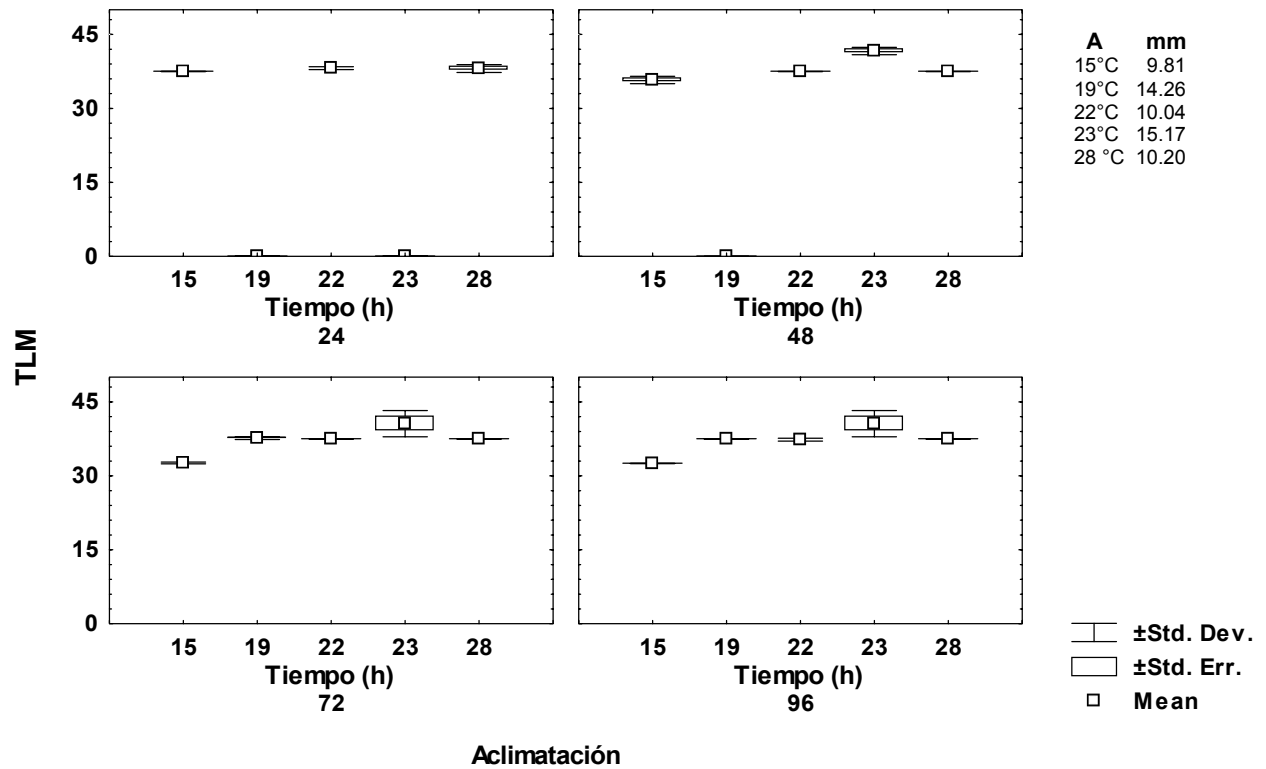


Figura (13). Temperatura Letal Media superior (TLM) bajo diferentes temperaturas de aclimatación (A) y tallas (mm) durante 96 horas de exposición.

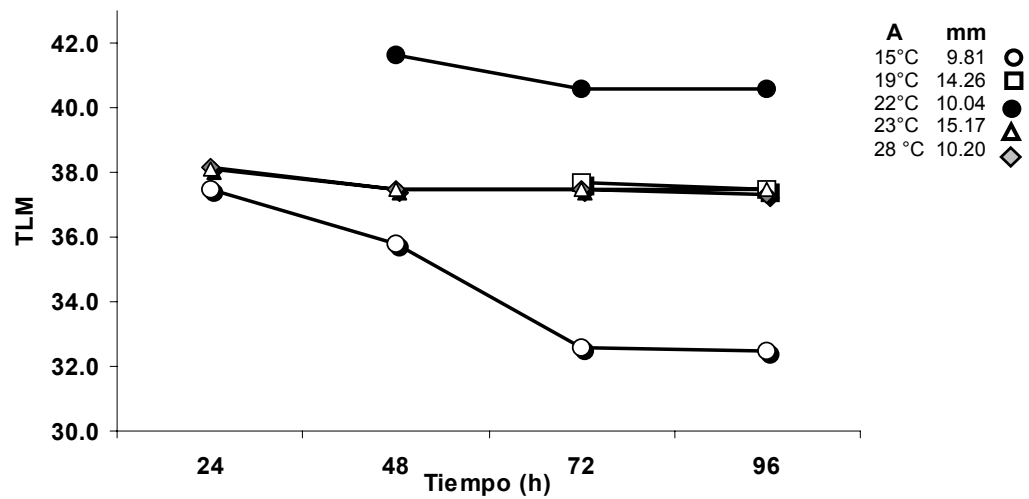


Figura (14). Temperatura Letal Media superior (TLM), en diferentes tiempos de exposición, temperaturas de aclimatación (A) y tallas (mm).

DISCUSIÓN

El presente trabajo se originó de la necesidad de encontrar la causa de las mortandades masivas de ostión (*Crassostrea gigas*) ocurridas durante 1997 y parte de 1998 en el noroeste de México y específicamente en Bahía Kino Son., San Ignacio B.C.S. y San Quintín B.C. En virtud de que la temperatura y las variaciones en la calidad y cantidad del alimento son los dos factores que se consideran como los que más afectan el crecimiento y la supervivencia de los moluscos en cultivo (Lodeiros et al., 2001), se eligió el estudio de la primer variable determinando la temperatura letal superior (TLMs). El estudio se realizó de manera comparativa, contrastando la TLMs de descendientes de ostras sobrevivientes en los eventos de mortandad ocurridos en Bahía Kino, contra la de descendientes de ostras de la misma especie, traídas a México de cultivos de la región de Charretelle, Francia. La hipótesis fue que la población mexicana tendría una TLMs más elevada que la población de Francia, al haber estado bajo un proceso de selección (no buscada) a temperaturas superiores durante varias generaciones. Los resultados del presente trabajo indicaron una termotolerancia similar en ambas poblaciones a 96h de exposición y que solamente la TLMs fue superior en la población francesa a tiempos menores que 96h (tiempo estándar para esta clase de estudios). Estas diferencias coinciden con otros trabajos sobre crecimiento en laboratorio y campo en ambas poblaciones en donde la población de Francia mostró mejor desempeño. Corral (2003) encontró una mayor fertilidad, éxito en la metamorfosis y crecimiento de juveniles en el laboratorio y Maeda-Martínez (com. pers.), un mayor crecimiento y supervivencia en un cultivo en suspensión realizado simultáneamente y bajo las mismas condiciones en el estero Rancho Bueno, B.C.S (24°19'N;111°24'W), durante las fases de preengorda y engorda. Estas diferencias, pueden ser resultado de una reducción en la heterozigocidad de las poblaciones importadas de los Estados Unidos (Correa et al. en prensa) debido probablemente a un proceso de endogamia.

La TLMs de ambas poblaciones de *C. gigas* encontradas en este trabajo, variaron en función de la temperatura de aclimatación y la talla, encontrándose una TLMs₉₆ máxima de 40.57°C y una mínima de 32.5°C, y como era de esperarse, la TLMs₉₆ se fue incrementando conforme aumentó la temperatura de aclimatación. Dichos valores resultan altos, si los comparamos con los encontrados en otras especies como *Argopecten ventricosus* el cual, fue de 29°C aclimatada a 19°C (Sicard-González et al., 1999); *Atrina maura* aclimatada a 22°C presentó un valor de TLM₉₆ de 33.2°C (Leyva-Valencia et al.,1999); *Placopecten*

magellanicus de 20 a 24°C dependiendo de la temperatura de aclimatación (Dickie, 1958), *Chlamys opercularis* con una TLM₄₈ de 19 a 25°C (Paul, 1980), determinado por la temperatura de aclimatación. La explicación de que *Crassostrea gigas* presente una TLM₉₆ superior mayor que la de otras especies, se puede explicar como una respuesta adaptativa de esta especie, por habitar las zonas litoral y estuarina, las cuales se encuentran normalmente expuestas a cambios ambientales de corto tiempo, lo que les ha proporcionado a estos organismos mecanismos compensatorios, que llevan a cabo mediante procesos fisiológicos de adaptación constante en un ciclo de temperaturas diario (Hoffmann, 1983). Se han realizado diversos estudios en los que se han encontrado diferentes estrategias de aclimatación de los moluscos, Hoffmann (1983), menciona que en general, las respuestas de aclimatación en los moluscos responden a cambios en los niveles de la síntesis de proteínas, variando en cada especie el tipo de proteína sintetizada y los niveles de ésta. Livingstone y Bayne (1974), encuentran en *Mytilus edulis*, que bajo sus límites térmicos, se induce la producción de piruvato quinasa; Markel (1976) en *Acmaea limatula* encuentra la producción de malato deshidrogenasa; Gill (1978) y Wieser y Wrigth (1979) encuentran síntesis de lactato deshidrogenasa, en *Cepea nemoralis* y *Helix pomatia*, respectivamente. Nover (1991) y Shamseldin et al. (1997), encuentran que al inducir a *Crassostrea gigas* a la termotolerancia se induce también a la producción de un grupo de proteínas (70hsp) conocidas como proteínas de estrés calórico (hsp) o también conocidas como chaperonas. Li y Lazlo (1985) mencionan que este grupo de proteínas juegan un papel vital en la supervivencia de los organismos cuando están expuestos a severas temperaturas las cuales pueden ser letales. Este tipo de proteínas se encuentran generalmente en las células eucariotas, donde se presentan dos grupos de familias proteínicas de este tipo, hsp60 y hsp70, ambas actúan en este tipo de situaciones, pero de manera distinta. Las mitocondrias contienen sus propias moléculas de hsp60 y hsp70, las cuales son diferentes de las que actúan en el citosol y en el retículo endoplásmico, donde participan otras familias de hsp. Las hsp70 participan de manera temprana en el mecanismo de plegamiento de las proteínas, reconociendo pequeñas zonas de la superficie de las mismas, ayudándolas a realizar correctamente su plegamiento. Las hsp60 en cambio, actúan más tarde y forman contenedores en forma de barril, dentro de los cuales se transfieren las proteínas que todavía no se han plegado completamente, facilitando un entorno favorable donde puedan plegarse. El nombre dado a este grupo de proteínas, de estrés por calor, se debe a que la síntesis de estas proteínas, se observa notablemente después de una breve exposición de las células a elevadas temperaturas $\pm 42^{\circ}\text{C}$ (Bruce et al., 1996). Sin embargo se ha visto que estas proteínas también se generan en grandes cantidades en condiciones anóxicas, presencia de metales pesados, etanol y agentes patógenos (Nover, 1991). Ello parece ser una respuesta metabólica, con la cual se

producen más chaperonas para plegar nuevamente proteínas, que por las elevadas temperaturas se desplegaron (Bruce et al., 1996). Este comportamiento puede ser una respuesta metabólica para impedir que se de la desnaturalización de proteínas como son las enzimas, que participan en un gran número de actividades celulares y que son indispensables para mantener el funcionamiento normal del organismo, que de otra manera, puede llevarlo a la muerte. Dicho comportamiento puede ser uno de los mecanismos principales que emplearon las ostras para lograr sobrevivir en las temperaturas de 30 y 35°C, en donde prácticamente no se observó mortalidad bajo las temperaturas de aclimatación de 19, 22, 23 y 28°C, siendo esto un posible reflejo de la aplicación de procesos compensatorios por los organismos. Al respecto Bougrier et al. (1995), encuentran en *Crassostrea gigas*, que la tasa de aclaramiento y el consumo de oxígeno se ven modificados por la temperatura y tiempo de aclimatación ya que el organismo requiere un tiempo para regularizar su metabolismo, el cual contempla la regularización enzimática del mismo. Lo anterior puede ayudarnos a explicar las diferencias significativas en la TLM₉₆ superior obtenida en las diferentes temperaturas de aclimatación empleadas en el presente trabajo; si nos basamos en lo encontrado por Widdows (1973), donde indica que la tasa metabólica se incrementa ante un aumento de la temperatura, hasta un límite térmico, podemos decir que las ostras aclimatadas en las menores temperaturas se encontraban con un menor nivel metabólico, que las ostras aclimatadas a temperaturas mayores, requiriendo por tal motivo, mayor tiempo para regularizar su actividad enzimática y por tanto presentaban una menor capacidad de respuesta metabólica. Wilson (1978) encontró en *Ostrea edulis*, que la tasa de adquisición de energía metabólica aumentaba a largo plazo en respuesta al cambio térmico, y si las pérdidas metabólicas no varían sustancialmente, el animal logra mejorar su balance energético. Sin embargo, considerando lo encontrado por Bougrier et al. (1995), ejemplares de organismos de la especie *C. gigas* fueron aclimatados a temperaturas bajas y llevados paulatinamente a temperaturas altas, obtienen un incremento en la actividad enzimática de manera automática, mientras que cuando los organismos se encontraban aclimatados a temperaturas altas y paulatinamente se reducía la temperatura, la inducción de la actividad enzimática no resultó inmediata y por lo tanto el organismo tarda más tiempo en realizar mecanismos de compensación y aclimatación. Los resultados de este trabajo indica que, dicho incremento de la actividad enzimática dependerá de la diferencia aritmética entre la temperatura de aclimatación y la temperatura del medio de exposición, así como, de la manera como se de el cambio térmico (drástica o paulatinamente). En relación a esto, resulta importante que los juveniles de *Crassostrea gigas* de ambas poblaciones resisten un cambio térmico de hasta 15°C sin mortalidad durante las 96 horas de exposición siempre y cuando la temperatura de exposición este dentro de su limite de letalidad, siendo claro que a partir de 35°C en adelante

se puede obtener hasta el 100% de mortalidad acumulada en menos de 96 horas. Lo cual, es razonable ya que los sistemas de actividad enzimática presentan también límites térmicos en los cuales no pueden seguir funcionando (Bruce et al., 1996). Por otro lado, esto comprueba la gran capacidad de termotolerancia, que como ya se mencionó anteriormente, presentan estos organismos, y que les permite sobrevivir en condiciones que difícilmente resisten otro tipo de moluscos bivalvos.

Beiras (1995) distingue tres escalas temporales distintas en la respuesta fisiológica, ante un cambio en la temperatura ambiental:

1. Respuesta en un periodo de minutos u horas, denominada aguda o directa. La cual puede consistir en una sobre-respuesta inicial seguida de un período de estabilización.
2. Respuesta a largo plazo a la exposición continua (días o semanas) a determinada temperatura, la cual se denomina crónica. Si el organismo ajusta su tasa durante este tiempo se dice que sufrió aclimatación térmica. Cuando los mecanismos compensatorios son en respuesta a cambios estacionales más complejos se conoce como aclimatización.
3. Respuestas mediante mecanismos genéticos a cambios térmicos que operan sobre varias generaciones.

Por lo anterior, es claro que las respuestas dadas por los organismos ante diferentes condiciones ambientales dependerán en gran medida del tiempo de exposición bajo las mismas. Específicamente en este trabajo las TLM_{96} encontradas para las diferentes temperaturas de aclimatación muestran como se mencionó anteriormente, una tendencia de incremento conforme se incrementa la temperatura de aclimatación. Tomando en cuenta las Temperaturas Letales Medias obtenidas cada 24 horas, encontramos que las TLM superior, se reducen, conforme se incrementa el tiempo de exposición en todas la temperaturas de aclimatación, y la tendencia de presentar mayores termotolerancia se observa claramente en las primeras 24 horas de exposición, lo que resulta importante porque después de este tiempo de exposición las temperaturas letales obtenidas no varían significativamente en la mayoría de las temperaturas de aclimatación, por lo que, el tiempo de exposición, en las primeras horas también es determinante en el valor de letalidad. Esto es esperable ya que estos organismos por vivir en zonas cambiantes, cuentan con la capacidad de tolerar dichos cambios sobre todo en un periodo corto, conforme se prolonga ese tiempo su estrategia para termotolerar se van reduciendo, hasta que llegado un momento la pierden. Esto se observa de manera más

notable en 15°C, la cual fue la temperatura de aclimatación más baja empleada en el presente trabajo. Bougrier et al. (1995), encuentran que durante el monitoreo de consumo de oxígeno, en organismos aclimatados a 15°C de la especie *Crassostrea gigas*, el 25% de los organismos experimentales se cerraron herméticamente y no consumieron oxígeno durante las primeras 24 horas, empleando vías de respiración anaerobia, para su desempeño fisiológico, mientras que el 75%, consumieron oxígeno del medio. Livingstone y Bayne (1974) indican que el cierre de las valvas, empleando vías anaerobias para la respiración, se observa cuando los organismos se encuentran en condiciones desfavorables. Específicamente en relación a las temperaturas de 22 y 28°C resulta interesante que no se hayan presentado diferencias significativas en ninguna de las temperaturas de aclimatación en ambas poblaciones, esto coincide con lo encontrado por Beiras (1995), en larvas de *Ostrea edulis*, en las que, no encontró diferencias significativas en la tasa respiratoria en función del tamaño y la temperatura en estas temperaturas. Al respecto Beiras (1995) encuentra que en temperaturas menores a 21°C estos organismos llegan a un máximo en su tasa respiratoria y al aumentar la temperatura, en este caso a 22°C los organismos reducen su tasa, presentándose valores muy similares entre 22 y 28°C, aumentando la similaridad conforme se incrementa la talla, lo cual es resultado de una especie cuyo origen es de zonas templadas (figura A).

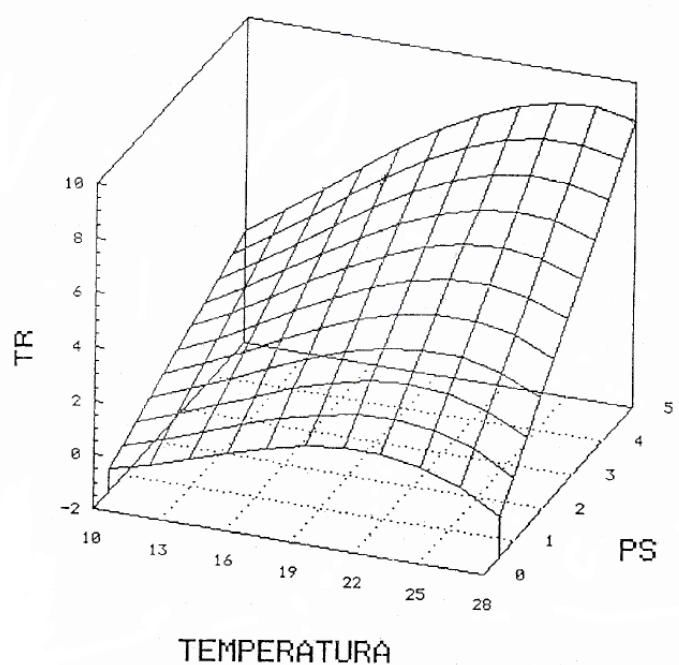


Figura A.- Superficie de respuesta de la tasa respiratoria ($\text{nl O}_2\text{h}^{-1}$) de larvas de *Ostrea edulis* en función de su tamaño (expresado como peso seco, PS) y de la temperatura (Beiras, 1995).

Por otro lado, como se mencionó anteriormente en los resultados, el análisis por tallas mostró que los organismos grandes con un promedio de 14.72 mm (19 y 23°C) ofrecen una mayor resistencia en tiempo y temperaturas de aclimatación, que las otras pequeñas con promedio de 10.02 mm aclimatadas a 15, 22 y 28°C. Esto nos indica que los organismos de tallas mayores de *Crassostrea gigas* presentan una mayor termotolerancia que los organismos pequeños, lo que resulta contrario a lo encontrado en otras especies, en las que en general a mayor talla, menor termotolerancia (Lent, 1968; Kennedy y Milhursky, 1971). Paul (1980) encontró en *Chlamys opercularis*, que los organismos pequeños de entre 5 y 10 mm de altura, fueron más resistentes que las almejas de tallas de 30 a 40 mm en temperaturas altas. Sicard- González (1999), encuentra en *Argopecten ventricosus* una mayor termotolerancia de los juveniles respecto a los adultos en periodos de tiempos cortos. Sin embargo Beiras (1995), encontró en larvas de *Ostrea edulis* que la tasa respiratoria por peso de tejido seco es mayor en larvas grandes que en las chicas; Zeuthen tras observaciones al respecto en 1953, indica que en todos los animales estudiados, existe una etapa de desarrollo (temprana) en la cual, el metabolismo crece de forma directamente proporcional al peso corporal. Esto resulta importante ya que las observaciones que muestran mayor tolerancia de juveniles respecto a los adultos no consideran lo indicado por Zeuthen, ya que comparan estadios metabólicos diferentes como son los juveniles y los adultos, donde estos últimos agregan otra fuga considerable de energía metabólica para poder llevar a cabo su ciclo reproductivo. Por lo que, es posible, que si se comparan diferentes intervalos de tallas de juveniles o de adultos, se encuentre algo similar a lo encontrado en el presente trabajo; como lo encontrado en larvas de mejillón (Riisgard et al., 1981) y en larvas de *Crassostrea gigas* (Gerdes, 1983), donde en juveniles de tallas pequeñas mostraron una tasa metabólica por peso de tejido seco, menor que la de los juveniles de tallas grandes. En un trabajo más reciente Wilson y Elkaim (1997), encuentran una tendencia de organismos pequeños de *Cerastoderma glaucum*, por presentar una mayor tasa respiratoria estándar que los organismos grandes (no adultos). Esto se traduce en una gran cantidad de energía requerida por los organismos pequeños, para realizar sus funciones vitales y por tanto menor energía disponible para generar mecanismos de termotolerancia, que le confiere mayor ventaja a los grandes sobre los pequeños.

Existen otras estrategias que emplean las ostras para vivir en medios adversos: Wilson y Elkaim (1997), mencionan que *C. glaucum* disminuye su metabolismo en temperaturas

bajas e incluso se cierra herméticamente, sacando una porción del sifón de vez en cuando; y por el contrario en temperaturas altas su metabolismo se incrementa extendiendo todo el sifón por periodos prolongados, lo que creen obedece a una mayor demanda de oxígeno por las ostras, debido a una baja tensión de oxígeno en el medio; posteriormente llegando a un cierto nivel térmico los organismos se cierran herméticamente. Esto último, también se pudo observar durante el desarrollo experimental, en los organismos expuestos a las temperaturas más altas (40 y 45°C). Al respecto Bayne y Newell (1983), indican que, en condiciones adversas los organismos se cierran y cuentan con la capacidad de emplear vías de respiración anaerobia para permanecer de alguna manera aislados del medio. Shamseldin et al. (1997), encuentran que esta especie de ostión, no solo cuenta con la capacidad de soportar choques térmicos, sino que además, se puede inducir a una mayor termotolerancia, lo que resultaría en un incremento de supervivencia en los cultivos durante los meses cálidos.

Lo anterior resulta importante y trascendental, ya que se ha encontrado que las mortalidades masivas en poblaciones de ostión del Océano Pacífico, pueden ser explicadas por un incremento de temperatura del agua, a causa del fenómeno de El Niño (Friedman y Hedrick 1991; Newell et al., 1994). El rango de TLMs encontrado en ambas poblaciones de ostión, independientemente de la temperatura de aclimatación y los tiempos de exposición y tallas, fue de 41.63 a 32.5 °C. Con estos datos, aparentemente no es posible explicar la mortalidad de las ostras en 1997 y 1998 en el noroeste de México, ya que la TLMs fue superior a las temperaturas registradas en los sitios de cultivo. Si bien generalmente en laboratorio se trabaja con una variable ambiental, en el medio natural los organismos se encuentran sujetos a diferentes variables ambientales que normalmente se encuentran interrelacionadas y que son muy difíciles de separar (Hoffmann, 1983). Por otro lado, aunque es sabido que las temperaturas se incrementan notablemente en los años Niño, tanto en el Océano Pacífico como en el Golfo de California, este incremento ocurre de manera paulatina a lo largo del año (Figura 1). Por ejemplo, en los cultivos de ostras que realiza la Empresa Sol Azul S.A. de C.V. en el Estero El Cardón, Laguna San Ignacio, se registraron mortalidades mayores al 40% en febrero y mayo de 1998, tanto en juveniles cultivados en suspensión, como en adultos mantenidos en camas sobre el fondo. En la Figura B se muestran las temperaturas superficiales máximas y promedio mensuales del agua de 1997 a la fecha, registradas diariamente entre las 7.00 y las 9.00 h por técnicos de la empresa Sol Azul S.A. de C.V. En esta figura se puede observar un patrón unimodal anual de temperatura, con valores máximos en los meses de julio-septiembre y mínimos de diciembre a febrero. También se puede observar una tendencia del patrón anual a disminuir, alcanzando una diferencia aproximada de 2 °C, mayor en 1997 que en 1999, indicando un periodo cálido en

los años 1997 y 1998. En el cual, temperatura máxima registrada en esos años nunca fue superior a los 30 °C.

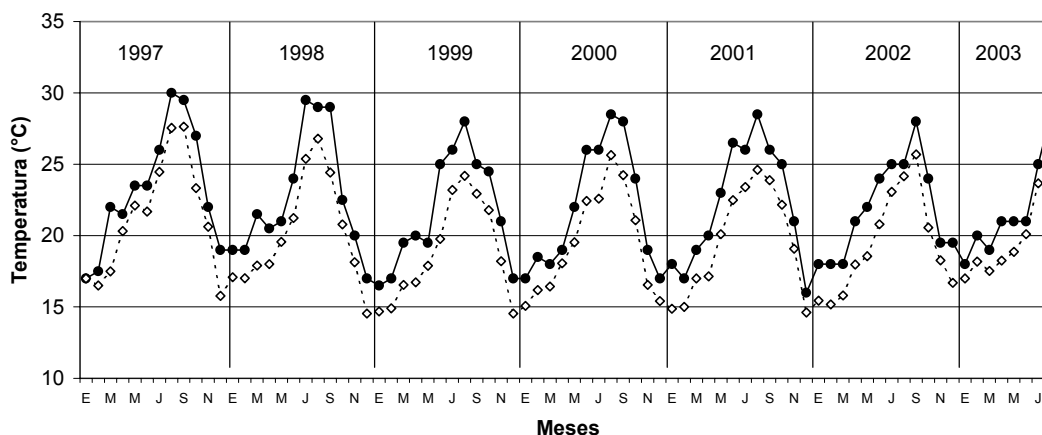


Figura B.- Promedio de temperaturas superficiales del mar, máximas (□--□) y mínimas (●—●) mensuales, en la Laguna de San Ignacio, B.C.S.

Sin embargo, en 1997-1998 ocurrieron anomalías térmicas cercanas a los 4 °C sobre el promedio de 1996 -2003 en Laguna San Ignacio B.C.S. (cuadrante 114.5°W-26.5°N), San Quintín BC (116.5°W-31.5°N) y Bahía Kino (112.5°W-29.5°N) (Figura C), lo cual indica una falla metodológica en el registro de la temperatura. Estas anomalías se calcularon usando el CD-ROM desarrollado por Pacheco-Ayub y Baustita-Romero (2003) que utiliza la base de datos disponible en internet ([ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/ noaa.oisst.v2/sst.mnmean.nc](ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/noaa.oisst.v2/sst.mnmean.nc)), a partir del trabajo de Reynolds et al. (2002). A partir de diciembre del 2001, la empresa inició el registro continuo de la temperatura en el Estero El Cardón, Laguna San Ignacio B.C.S. con una frecuencia de 30 min durante 7 meses, utilizando un termógrafo digital Optic Stow Away marca Onset, modelo WAT32-05+37, colocado dentro de una de las bolsas donde se cultiva el ostión, instaladas sobre camas colocadas en la zona intermareal a una altura máxima de 0.5 m sobre el nivel medio del mar.

En la Figura D se muestran las temperaturas registradas de diciembre 2001 a junio 2002, junto con las fluctuaciones de mareas obtenidas del programa del Service Hydrographique et Oceanographique de la Marine (SHOM, 2003) de Francia para Laguna San Ignacio (Bahía Ballenas como se le nombra en el programa). En esta figura se puede observar que existe mayor variabilidad en la temperatura, que los que encuentra la empresa (Figura E) en esos

meses, se observan incrementos repentinos en la temperatura durante las mareas muertas, las cuales superaron los 30 °C en 19 ocasiones.

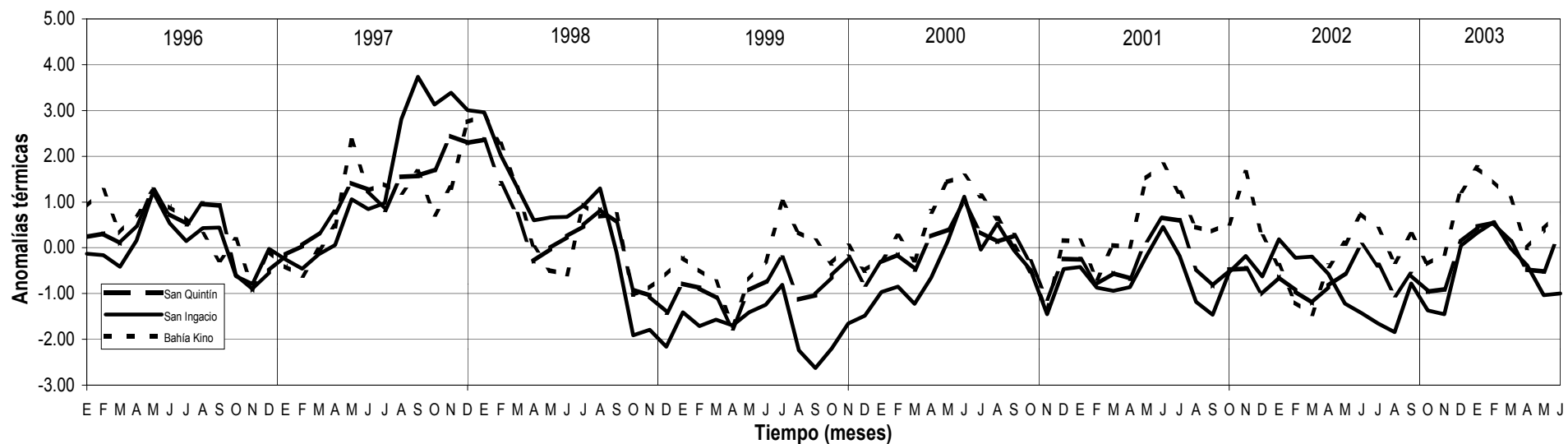
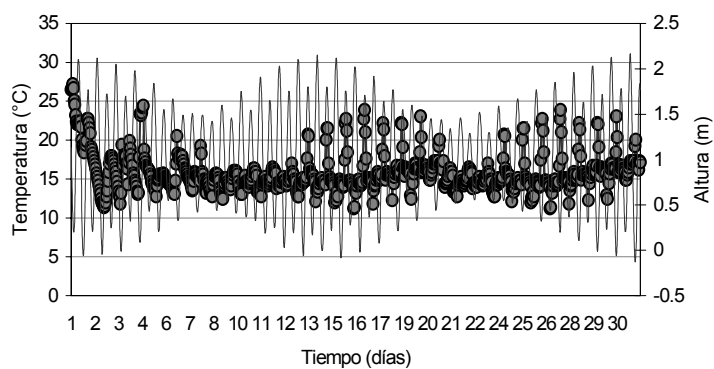
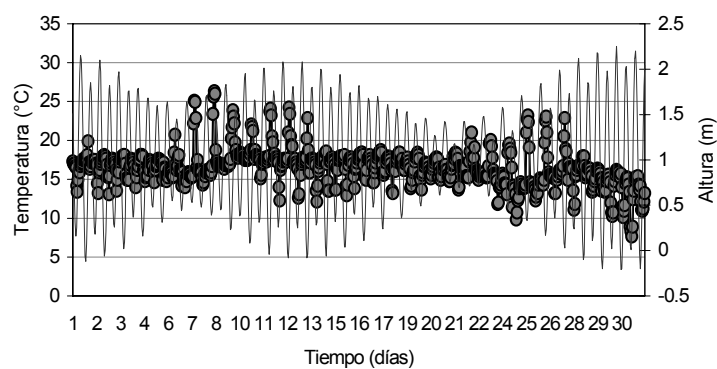


Figura C.- Anomalías térmicas de temperatura superficial del mar, para el periodo 1996-2003, de la región de Bahía San Quintín B.C., Laguna San Ignacio, B.C.S. y Bahía Kino, Sonora.

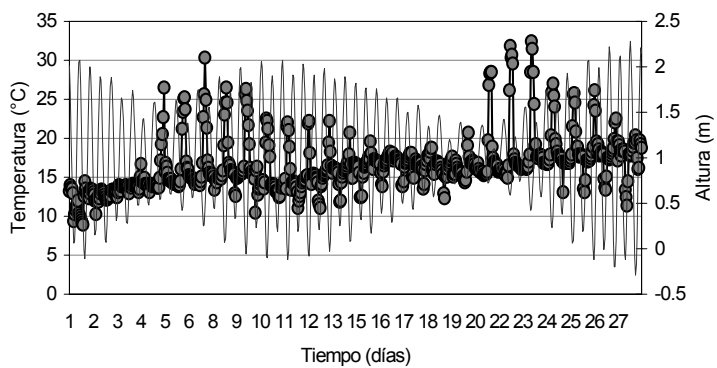
Dic-2001



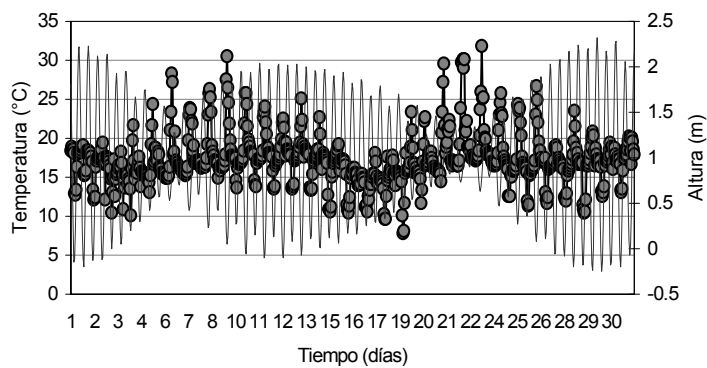
Ene-2002



Feb-2002



Mar-2002



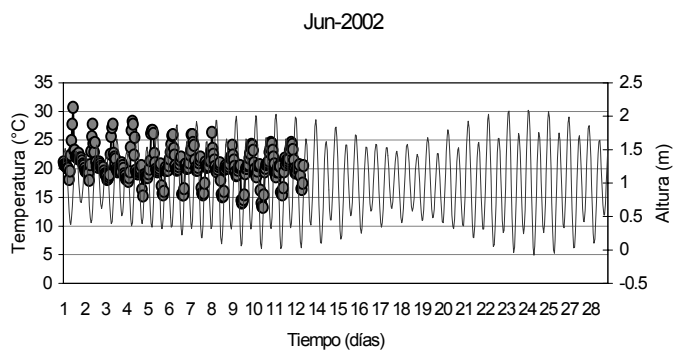
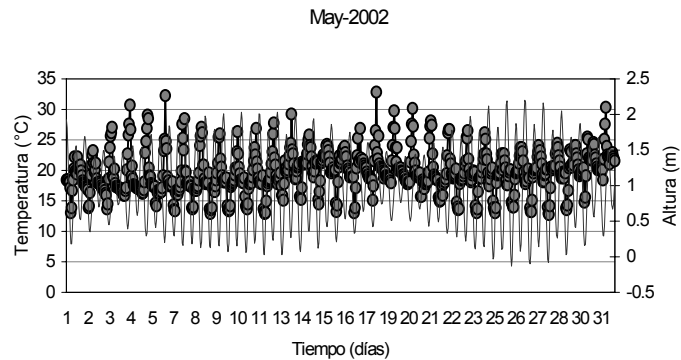
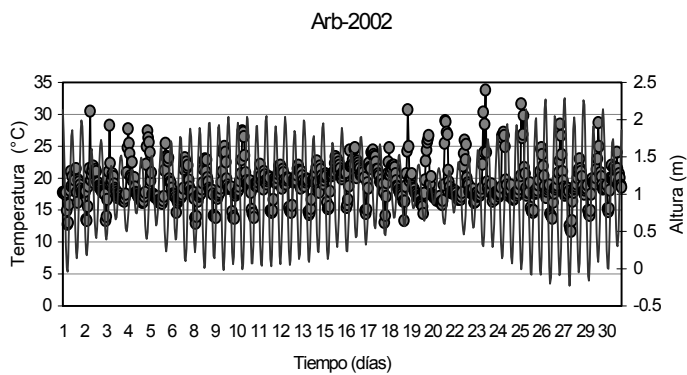
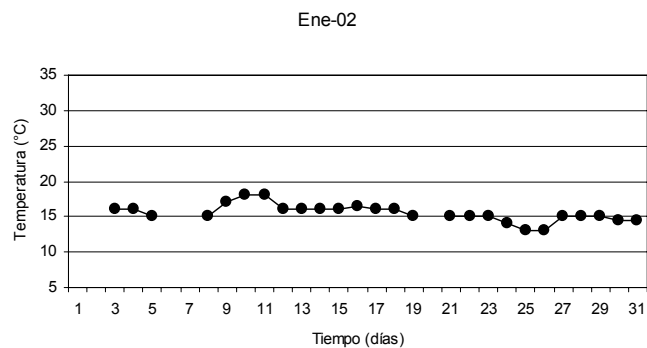
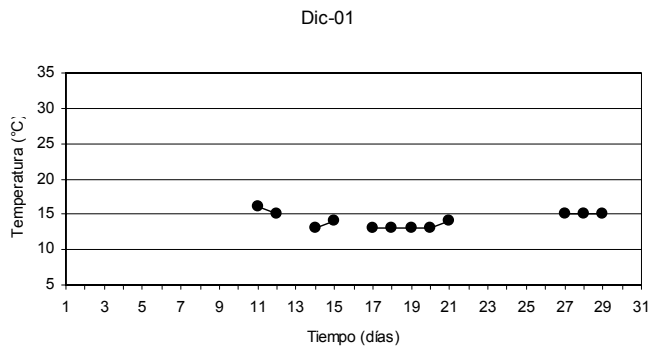


Figura D.- Temperatura superficial del mar (●—●) y altura de mareas (—) para el periodo Diciembre 2001- Junio 2002, en la Laguna San Ignacio, B.C.S.



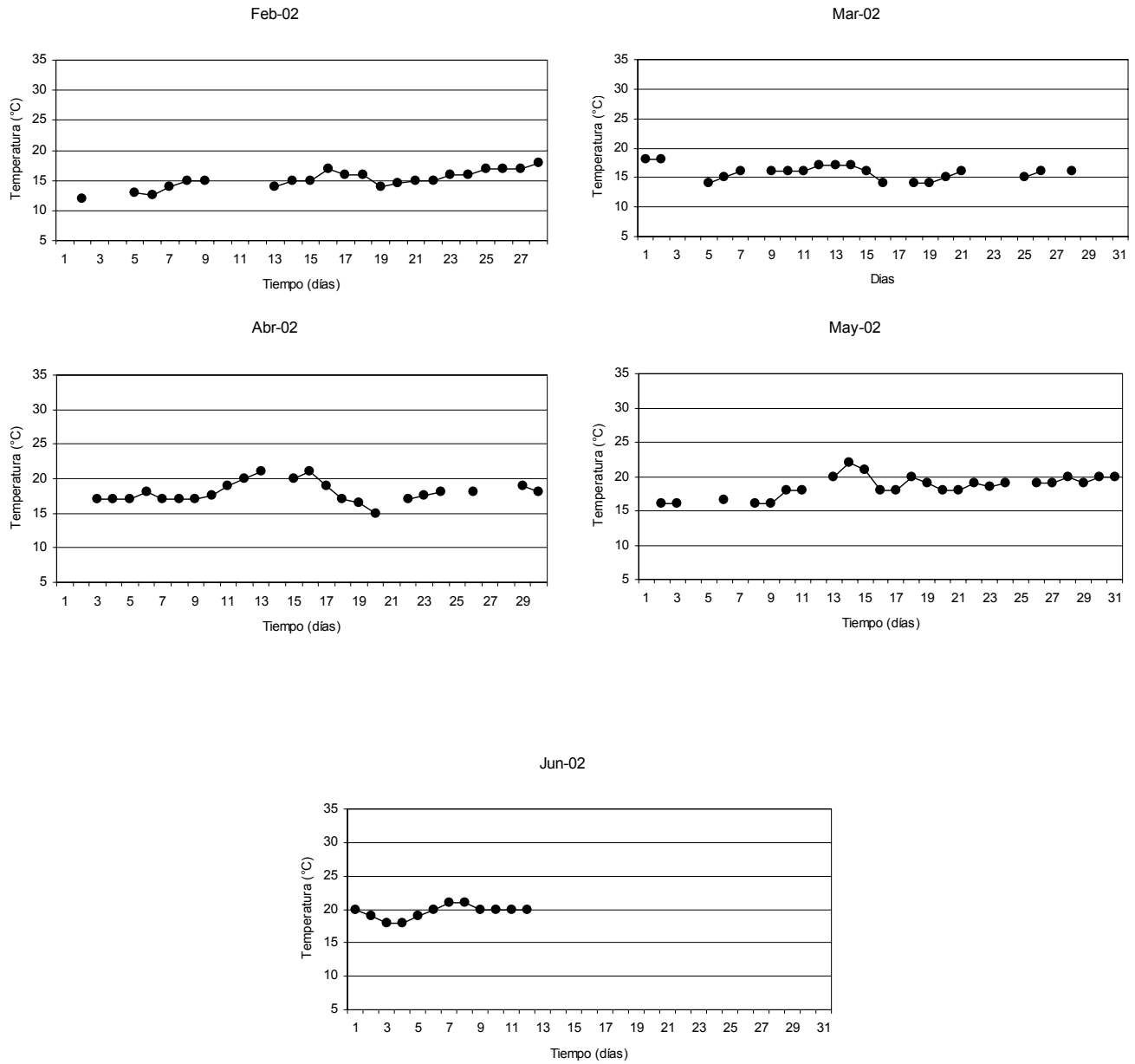
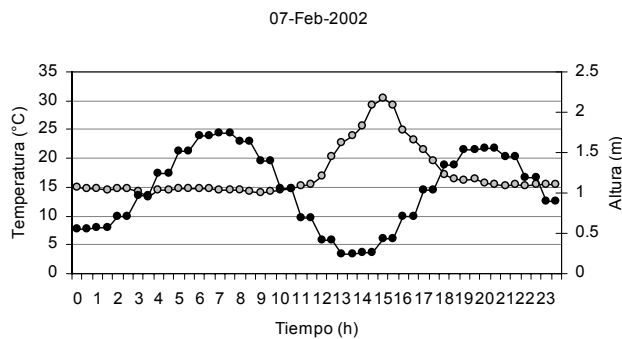
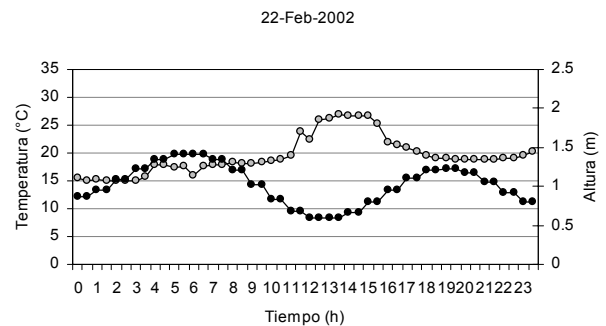


Figura E. Temperatura superficial del mar, tomada manualmente por la Cooperativa Sol Azul, Laguna San Ignacio, B.C.S., en el periodo Diciembre 2001- junio 2002.

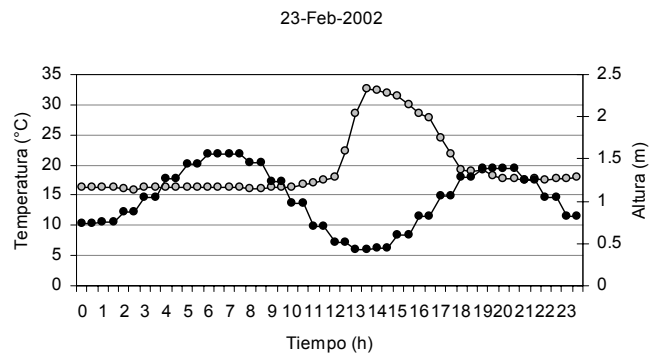
En el grupo de figuras F hasta la J, se muestran 19 eventos registrados con el termógrafo, junto con la altura de la marea en la Laguna San Ignacio. Aquí se pudo confirmar que los incrementos de temperatura ocurren durante o ligeramente después de la bajamar, por el calentamiento del agua producto de las condiciones someras de la Laguna San Ignacio y por el bajo recambio de agua durante las mareas muertas. Estos incrementos no necesariamente se deben a la exposición directa del termógrafo al sol, ya que solamente en aproximadamente la mitad de los eventos, la marea bajó más de 0.5 m que fue la altura en la que las bolsas con el termógrafo quedaban expuestas al aire. La temperatura máxima registrada fue de 33.8 °C el 21 y 23 de abril del 2002 (Figuras Hc,d) con alturas mínimas de marea de 0.7 y 0.4 m, respectivamente. La mayoría de los eventos iniciaron entre las 9 y las 12 h y por lo tanto, nunca fueron registrados por Sol Azul, y tuvieron una duración máxima de 8 h. La diferencia térmica (ΔT) máxima en estos eventos fue de 17.8 °C el 21 de abril y el 18 de mayo del 2002 (figuras Hc, Ic) y las fluctuaciones pudieron ocurrir en solamente 2 h tanto hacia el incremento (23 de febrero $\Delta T = 15.6$ °C; figura Fc) como hacia el decremento (6 de marzo, $\Delta T = 14.08$ °C; figura Ga).



a

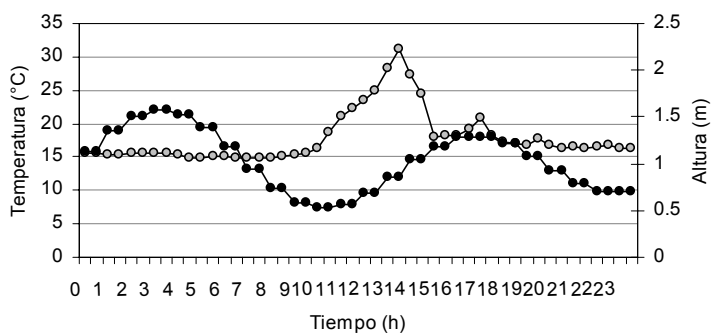


b

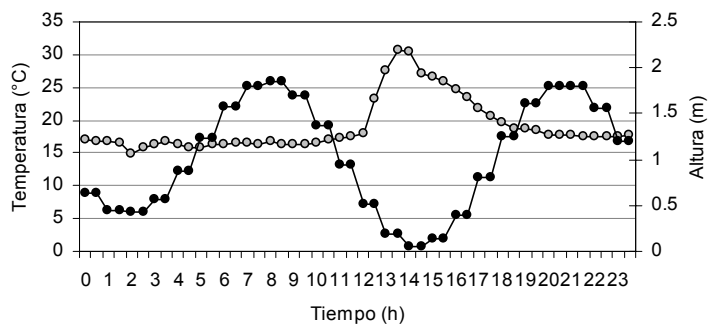


c

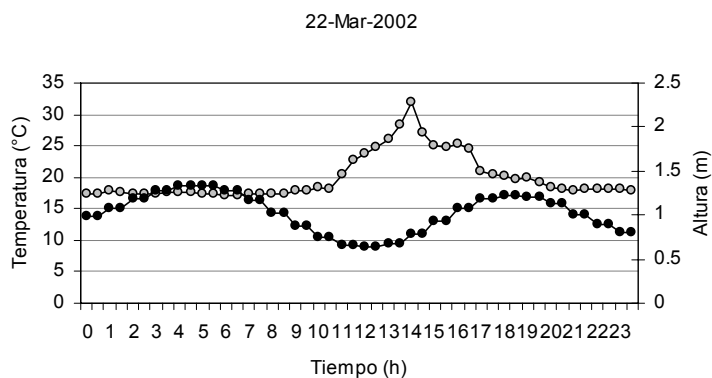
Figura F. Temperaturas superficiales del mar (●—●) y altura de mareas (●—●), en la Laguna San Ignacio, en los días más cálidos (a, b y c) del mes de Febrero del 2002.



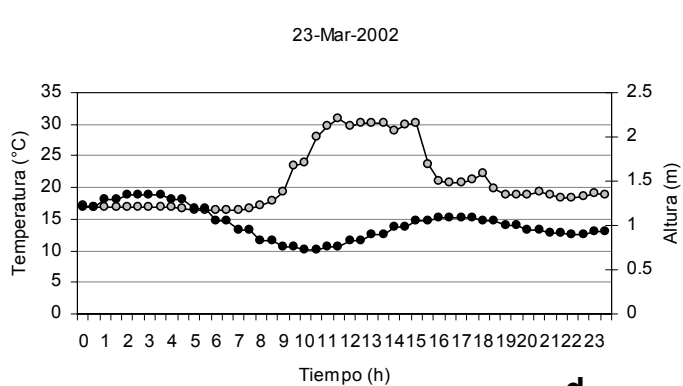
a



b

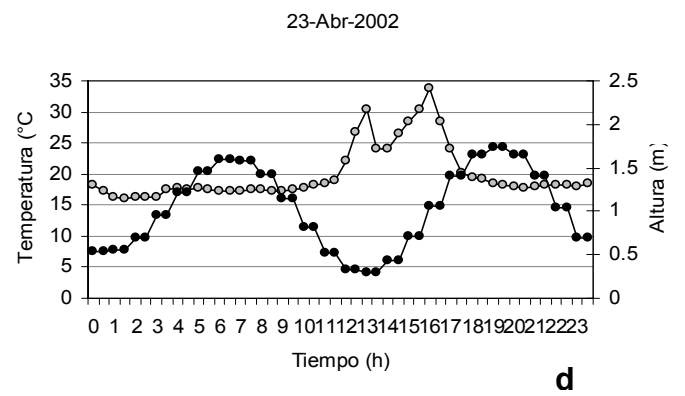
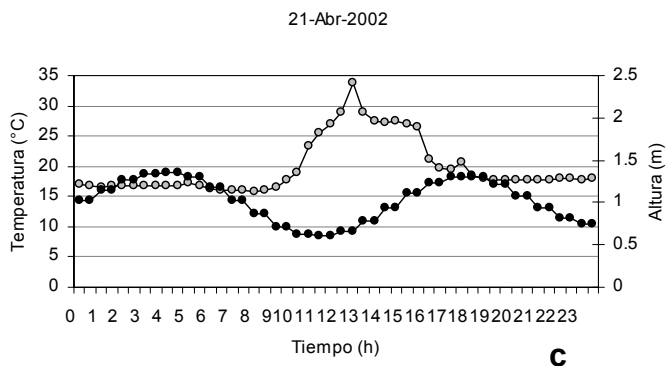
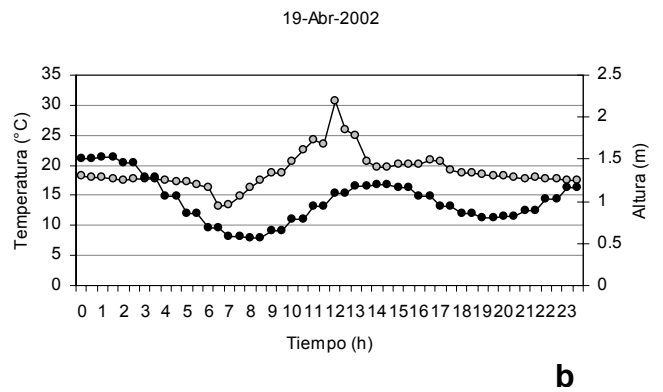
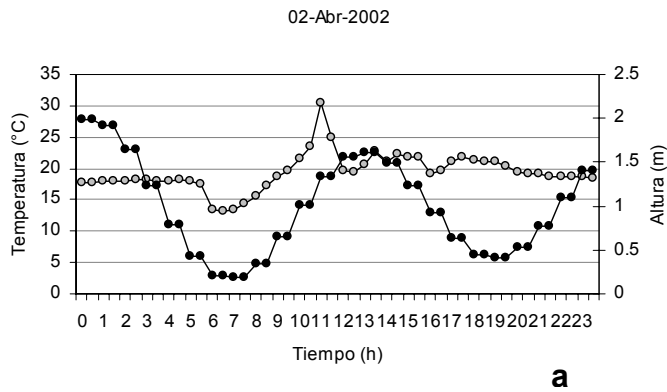


c



d

Figura G. Temperaturas superficiales del mar (●—●) y altura de mareas (●—●), en la Laguna San Ignacio, en los días más cálidos (a, b, c y d) del mes de Marzo del 2002.



25-Abr-2002

35

2.5

Figura H. Temperaturas superficiales del mar (●—●) y altura de mareas (●—●), en la Laguna San Ignacio, en los días más cálidos (a, b, c, d y e) del mes de Abril del 2002.

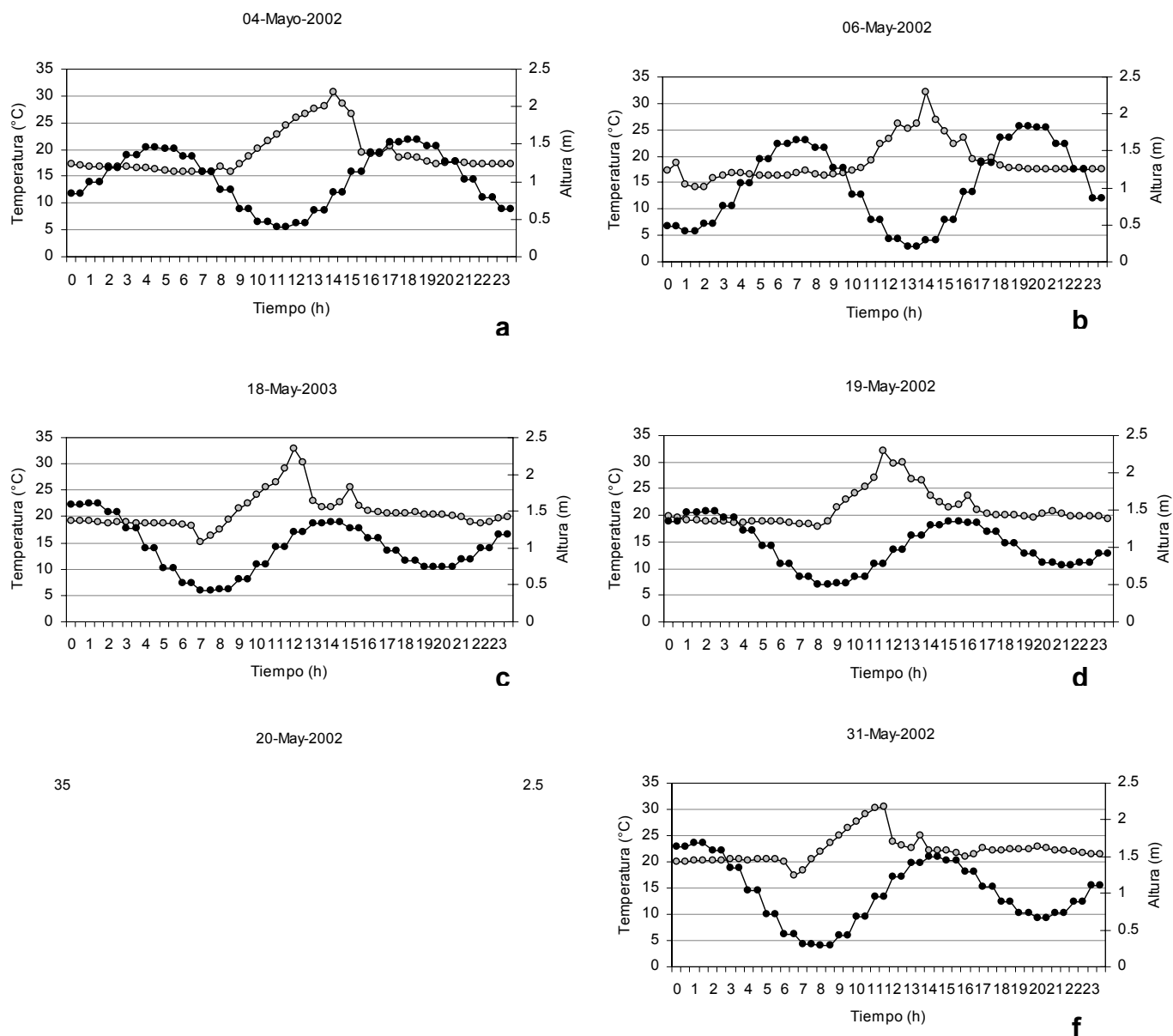


Figura I. Temperaturas superficiales del mar (●—●) y altura de mareas (●—●), en la Laguna San Ignacio, en los días más cálidos (a, b, c, d, e y f) del mes de Mayo del 2002.

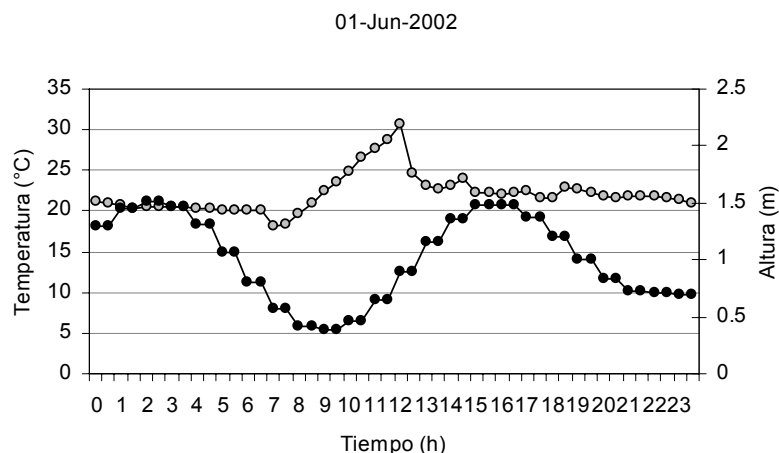


Figura J. Temperaturas superficiales del mar (●—●) y altura de mareas (●—●), en la Laguna San Ignacio, en el día más cálido del mes de Junio del 2002.

Estos análisis se realizaron de diciembre del 2001 a junio de 2002, cuando iniciaba un periodo frío con anomalías térmicas negativas que alcanzaron -1.5°C en junio 2002 (Figura J). Si consideramos una diferencia térmica cercana a los 4°C entre los dos periodos (1997-1998 y 2001-2002), la temperatura en 1997-1998 pudo haber sido 4°C superior a la registrada en 2001-2002, alcanzando de esa forma temperaturas máximas cercanas a los 38°C ($33.8 + 4^{\circ}\text{C}$) la cual está dentro del rango letal de la especie. Sin embargo, el periodo de exposición a esa temperatura sería solamente de 8 h, lo cual no produciría mortalidad según los resultados del presente trabajo. Además los ΔT que se presentarían de 17.8°C tampoco serían letales, ya que esta especie es capaz de resistir cambios térmicos hasta de 20°C durante 24 h y 15°C con cero % de mortalidad hasta las 96 h de exposición (Figura K). Por lo tanto, los incrementos en la temperatura del agua no podrían por si solos explicar las mortalidades observadas.

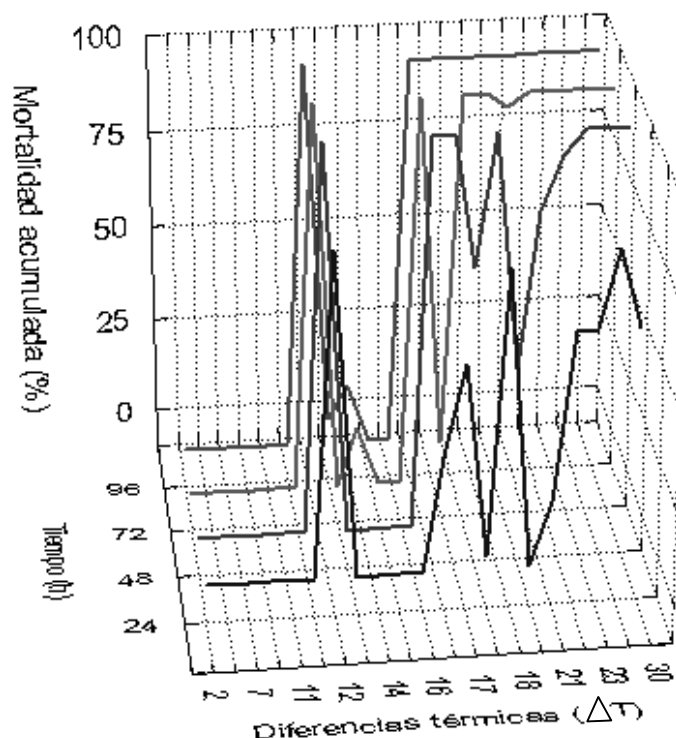


Figura K. Mortalidad acumulada de juveniles de *Crassostrea gigas*, de la población Bahía Kino (México), en relación al grado de diferencia térmica (ΔT), entre diferentes temperaturas de aclimatación 15, 22 y 28°C (TA) y exposición 30, 35, 40 y 45°C (TE), durante 96 horas.

Hochachka y Somero (1984), mencionan que los cambios de temperatura en tiempos prolongados, les permite a los organismos modificar sus sistemas bioquímicos para sobrevivir en condiciones variables de temperatura. Por otro lado, Mazón-Suástequi (1996), indica que las mortalidades en los cultivos en las costas mexicanas de *Crassostrea gigas*, se deben a varias razones como son: “Shock” térmico debido a la introducción de las semillas sin una previa aclimatación, estrés por manejo inadecuado, altas temperaturas en el mar, bajas concentraciones de oxígeno disuelto, altos niveles de amonio, excesiva turbidez y escasa disponibilidad de alimento (baja productividad). Al respecto Shumway et al. (1988) han encontrado que la tasa metabólica es afectada simultáneamente por la temperatura, el estado reproductivo y el alimento, siendo complicado separar estos efectos sin un alto conocimiento de cómo la especie distribuye su energía entre el crecimiento somático, gonádico y de mantenimiento. Este último punto resulta interesante, ya que se ha encontrado que durante la presencia del fenómeno de El Niño, además del incremento térmico, la biomasa

fitoplanctónica se ve reducida en gran medida (Lluch-Cota et al., 1999). Indican que además de la consideración en términos de cantidad fitoplanctónica, es importante también tomar en cuenta el tipo de microalgas que quedan disponibles, las cuales pueden no ser el mejor alimento para el ostión (por el tamaño y la facilidad para digerirse). En la figura K, se muestran las anomalías de temperatura y de concentración de clorofila superficial en Laguna San Ignacio (114.5°W-26.5°N), de 1982 a 1986. Estos datos se obtuvieron de la base de datos del 2000 elaborada por Lluch-Cota et al. (2000). Aquí se puede apreciar lo indicado por Lluch-Cota et al. (1999), donde la concentración de clorofila disminuye cuando ocurren anomalías térmicas positivas.

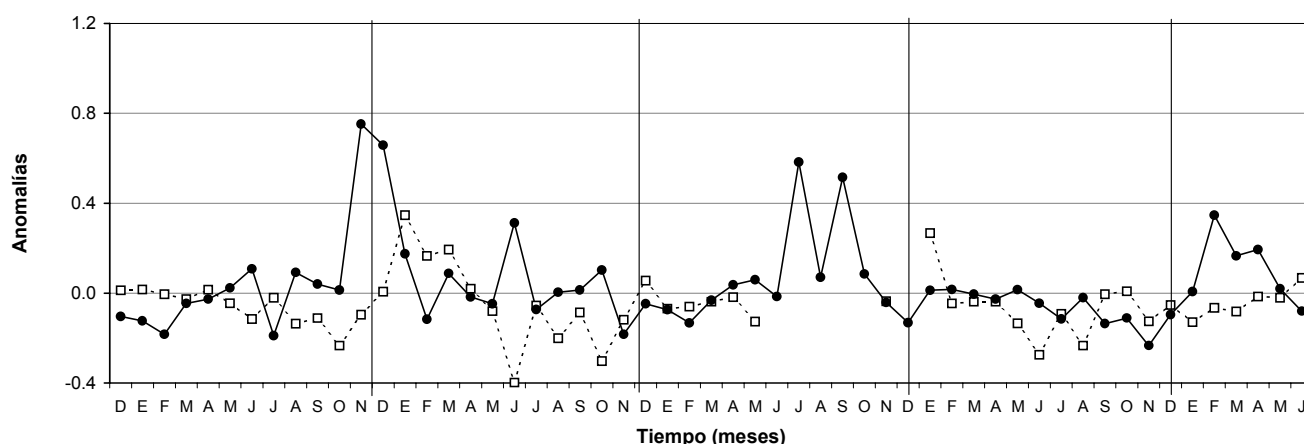


Figura L. Anomalías de Clorofila superficial (□--□) y temperatura superficial del mar (●—●) por mes, obtenida para el periodo 1982-1986, en Laguna San Ignacio, B.C.S.

Por otro lado, se ha descartado que las mortandades de ostras de 1997 y 1998, se hayan dado por epidemias por bacterias o virus, ya que muestras de tejidos de ostras moribundas fueron analizados en laboratorios mexicanos y extranjeros (Laboratorio del Dr. Ralf Elston Batelle Marine Sciences Laboratory, USA) sin encontrar patologías (P.

Danigo com. pers., Valerie Barbosa com. pers.). Sin embargo, las bitácoras de la Cooperativa Sol Azul muestran que en los meses diciembre de 1997 y febrero de 1998 se encontró gran una cantidad de poliquetos perforadores, potencialmente patógenos (*Polydora sp*).

Esto sugiere que durante El Niño de 1997-1998, se presentaron bajas considerables de fitoplancton. Según los registros de la bitácora de la Cooperativa Sol Azul, se observó una reducción en la turbiedad del agua en San Ignacio, lo que motivó a la empresa a realizar un estudio de diversidad específica del fitoplancton (Lechuga y Morquecho com. pers.). Se encontró una baja diversidad de microalgas, dominando el grupo de las Cryptoficeas y una ausencia de diatomeas planctónicas y bentónicas que son las que aportan mayor cantidad de nutrientes a los bivalvos en el medio natural (Bayne, 1976). Bougrier et al. (1995) y Haure et al. (1998), en *Crassostrea gigas* y *Ostrea edule*, respectivamente, han encontrado que la tasa de aclaramiento, definida como el volumen de agua liberado de partículas por unidad de tiempo, se ve incrementada con el aumento de la temperatura, pero hasta un límite, el cual varía con la temperatura de aclimatación, posterior a este límite la tasa de aclaramiento tiende a caer. Esto nos conduce a la posibilidad de que en los años Niño los organismos filtro-alimentadores, como son los ostiones, se ven limitados en alimento durante periodos prolongados, lo que posiblemente provoca una desnutrición de los mismos, y que por consecuencia los organismos tienen una baja posibilidad de respuestas metabólicas compensatorias ante temperaturas extremas. Farias et al. (1997), encontraron en *Argopecten purpuratus*, que la falta de proteínas en la dieta de los mismos, provocó algún grado de catabolismo de proteínas estructurales, que como resultado dio una alta tasa de excreción de amonio, indicadora de que estos organismos se encuentran bajo una situación de estrés, provocado por un ayuno prolongado. Esto puede llevar a los organismos, a la necesidad de utilizar las proteínas como sustrato energético a partir de sus tejidos, dando como consecuencia la deficiencia en el estado fisiológico de los mismos, para responder a condiciones adversas de cualquier tipo. Hawkins y Bayne (1991), encontraron en Bahía San Quintín, México durante el periodo Niño 97-98, un incremento considerable de la concentración de amonio en la columna de agua. Sugieren que dicha acumulación de amonio, se debió a la excreción de los ostiones en cultivo y otras almejas presentes en la zona, a un proceso de remineralización bentónico de la materia orgánica, así como, a un pequeño aporte de nitrógeno nuevo proveniente del océano, lo cual es una consecuencia de las temperaturas presentes durante este periodo Niño.

Hawkins y Bayne (1991) indican que la reducción de la energía para mantenimiento en un organismo, resulta en un aumento en la energía disponible para realizar otras funciones biológicas como crecimiento y depende de la disponibilidad de nutrientes, contenido nutricional y energético de la dieta. Se ha encontrado en *Crassostrea gigas* que la tasa de ingestión, como tasa de captación de energía, es el parámetro definitorio del crecimiento en distintos ambientes térmicos, y su relación con la temperatura no sólo compensa el aumento de gasto metabólico sino que origina un mayor remanente energético para la producción (Beiras et al., 1990). Aunado a esto, Malouf y Breese (1977), encontraron que las fluctuaciones estacionales en el crecimiento de ésta especie, dependían no de la temperatura, sino de la cantidad de materia orgánica en suspensión, de tal manera, que durante los períodos de baja disponibilidad de alimento, el crecimiento era directamente proporcional a la temperatura. Esto no es más que un indicador del incremento metabólico basal, que se traduce en una gran cantidad de energía para poder realizar las funciones vitales del organismo. Bayne (1983), argumenta que una elevada tasa de mantenimiento metabólico, esta en función de una alta tasa de síntesis de proteínas y una baja en la eficiencia de las mismas, lo que resulta en un bajo crecimiento, agregando que el grado de tal efecto, dependerá de las diferencias individuales del costo metabólico de mantenimiento, dadas por la variabilidad genética del organismo. Al respecto Hawkins y Bayne (1991) en *Mytilus edulis* concluyen que los factores bióticos, el estado fisiológico nutricional, genotipo y edad, influyen en gran medida en la utilización de las proteínas y en la eficiencia de absorción para la obtención de energía empleada para el mantenimiento metabólico.

Por lo anterior, es razonable pensar que las poblaciones manejadas en el presente trabajo mostraran diferencias en las TLM₉₆ en alguna de las temperaturas experimentales trabajadas. Sin embargo no se presentaron tales diferencias en este tiempo, y por el contrario se comportan de manera muy similar. Estudios realizados en *Placopecten magellanicus* indican que los cambios en la tasa metabólica se encuentran influenciados en gran medida por las variaciones estacionales en el medio, lo que significa que organismos bajo las mismas condiciones, presentaran entre ellos, una tasa metabólica similar, ya que la presión ambiental es baja (Shumway et al., 1988), por lo que las diferencias genéticas no son fáciles de observar entre poblaciones si las condiciones ambientales no son desfavorables. Scott y Koehn (1990) al evaluar la correlación de la capacidad enzimática y crecimiento en *Mulinia lateralis* de cuatro diferentes ambientes, encuentran una interacción significativa entre genotipo y ambiente, en la cual, las diferencias de crecimiento en heterocigotos, son más aparentes bajo condiciones de estrés ambiental. De igual manera, Cruz et al. (1998)

encuentran que en dos poblaciones de *Argopecten ventricosus*, las diferencias de crecimiento sólo fueron aparentes en los medios adversos para cada una de las poblaciones.

Por lo anterior, se esperaba encontrar alguna diferencia que se interprete como consecuencia de las diferencias genéticas entre las poblaciones, ya que en el presente trabajo se emplearon temperaturas letales. Sin embargo no se encontraron diferencias en las 96 horas de exposición, por lo que comparamos las temperaturas letales cada 24 horas, y encontramos que solo para 28°C se observan diferencias entre las poblaciones, tendiendo a presentar una mayor TLM la población de Francia y al parecer tiende a presentar una mayor respuesta a la tolerancia térmica en todas las temperaturas de aclimatación. Sin embargo se hubiera esperado encontrar que la población de Bahía Kino, México presentara mayor tolerancia a temperaturas cálidas que la de Francia, por provenir de ostiones criados por tres generaciones en una zona cálida. Se puede plantear esto como una diferencia genética entre las poblaciones, que le confiere una mayor termotolerancia a las ostiones de Francia, por presentar una mejor capacidad de adaptación a temperaturas frías y posiblemente un mayor rango de termotolerancia que los ostiones de Bahía Kino. Gouletquer et al. (1999), encuentran diferencias metabólicas y de crecimiento en cuatro poblaciones diferentes de *Crassostrea gigas*, y argumentan que la variabilidad fisiológica presente en esta especie, expresada en estas diferencias (en el metabolismo y crecimiento) están relacionadas con la zona geográfica donde se encuentra la especie y de las adaptaciones genéticas que se originen como consecuencia de las variaciones de la zona.

Sin embargo, es importante remarcar que solo durante las primeras 24 horas se observaron diferencias significativas entre Francia y México (Bahía Kino), y después de este tiempo los valores fueron prácticamente los mismos. Resulta importante, que a pesar de que las diferencias entre las poblaciones son pequeñas, fueron suficientes para conferirles a los organismos diferentes termotolerancias en las primeras horas de experimentación. Hedgecock y Sly (1990), trabajaron con tres poblaciones diferentes de *Crassostrea gigas* introducidas en las costas de Norteamérica, producidas durante 3 generaciones. Encontraron que las diferencias genéticas encontradas en los loci no eran significativas, al respecto ellos comentan que es prematuro tratar de encontrar diferencias genéticas en este tiempo generacional. Por su parte Wright (1931), indicó que para que una variación en la heterocigosidad sea significativa, se requiere por lo menos de 7 generaciones en una población pequeña. Por lo anterior, resulta difícil señalar de manera determinante las diferencias encontradas en las poblaciones empleadas en el presente trabajo, ya que nuestros organismos provenían de reproductores de Bahía Kino, México, introducidos solo tres generaciones atrás.

En 1991 se llevo a cabo el primer estudio genético sobre *C. gigas* cultivado en México, por Rosa-Vélez et al. (1991), en el cual se indica que posiblemente el origen de la población analizada era de Miyagui, Japón, debido a que se observó un mantenimiento de la variación genética con respecto a la japonesa. Sin embargo, mencionan que cuatro de siete loci presentaron deficiencia de heterocigotos, debido posiblemente a la selección natural y a la endogamia. Después de este estudio no se han vuelto a analizar genéticamente a las poblaciones de ostión cultivado en San Quintín. Resulta importante señalar que al iniciar la década de los noventa, en la Bahía de San Quintín se empleó un gran número de reproductores durante varios años, se obtuvieron buenos rendimientos en los cultivos, inclusive mejores a los que se realizaban en Oregon y Washington, EE.UU. (Rosa-Vélez et al., 1991). Después de un tiempo los ostricultores dejaron de producir su propia semilla y la empezaron a comprar a Taylor Farmfish Farms (Washington, EE.UU.), así que para 1998, cuando se suscitaron mortalidades masivas del ostión en la Bahía de San Quintín, B.C, ya se tenía tiempo comprando la semilla en los E.U. (Correa et al., en prensa). Si se considera que la semilla se produce a partir de un número reducido de reproductores con una baja variabilidad genética (Kittel, 1998; Ward et al., 2000), se puede suponer que se presente endogamia en dichos organismos, ya que la endogamia se da por la alta frecuencia de apareamientos consanguíneos, generando un aumento de los homocigotos a expensas de los heterocigotos en la población (Falconer, 1981). Correa et al., (en prensa), encuentran que las poblaciones de ostión de San Quintín presentaron una diversidad génica muy reducida, que fue desde 1 % hasta 4.7 %. Mientras que según la literatura, los valores de variabilidad registrados en ostiones silvestres es de aproximadamente 20 %. Lo anterior reduce la posibilidad de los organismos de soportar cambios drásticos en ambientes desfavorables, que aunado a una mala nutrición, será letal para el organismo. Esto nos indica, que la población de Bahía Kino, México muy probablemente presenta una menor variabilidad genética que la población de Francia, lo que posiblemente puede explicar, las pequeñas diferencias observadas en el presente trabajo.

Con este análisis se puede concluir que las mortandades de ostión en el noroeste de México fueron causadas por una elevación anormal en la temperatura a niveles subletales, combinada con una disminución en la calidad y cantidad de fitoplancton, resultantes del evento El Niño de 1997-1998. La mortalidad obtenida fue posiblemente incrementada por una mayor susceptibilidad a altas temperaturas y un menor desempeño

en las poblaciones cultivadas en México provenientes de juveniles importados de los Estados Unidos, como resultado de una reducción en la heterozigocidad de la población. Una parte de estas conclusiones han sido elaboradas a partir de observaciones tomadas de bases de datos generales de baja resolución y de períodos fuera del fenómeno mismo, al no existir registros sistemáticos de las variables importantes que ocurren en los sitios de cultivo, y por no conocer las características genéticas de las poblaciones bajo cultivo. Por consiguiente se recomienda que los acuicultores realicen monitoreos de temperatura continuos y de alta frecuencia (cada 0.5-1h), empleando termógrafos digitales, y además llevar registros diarios (dos o tres veces al día) de turbiedad para tener una estimación indirecta de las variaciones en la concentración del seston. Cuando se detecten variaciones en la turbiedad, realizar determinaciones de concentración y composición específica de fitoplancton. De esta forma será posible explicar de manera precisa las causas de mortalidad y pronosticar periodos adversos para los cultivos de ostras cuando se presente algún evento El Niño.

CONCLUSIONES

- La temperatura Letal Media Superior (TLM_{96}) varía dependiendo de la temperatura de aclimatación. De tal manera que conforme se incrementa la temperatura de aclimatación se incrementa la TLM_{96} .
- La Temperatura Letal Media Superior varía dependiendo del tiempo de exposición, de tal manera que al aumentar el tiempo de exposición la TLM se reduce, independientemente de la temperatura de aclimatación.
- El valor de la Temperatura Letal Media, varía notablemente si se obtiene a partir del promedio de las réplicas, a la TLM calculada de cada réplica trabajada en cada temperatura de aclimatación y experimental, promediando posteriormente las TLM por réplica de cada tratamiento.
- Los ostras de la población de Bahía Kino, México, de mayores tallas, presentan mayor termotolerancia que las ostras pequeñas.
- Las diferencias en termotolerancia entre las poblaciones de Bahía Kino, México y Francia solo se observan en la TLM_{24} , después de 24 h las diferencias no son aparentes.
- La especie *Crassostrea gigas* es capaz de presentar 0% de mortalidad, con un incremento térmico de 20°C y un tiempo de 24h de exposición, así como, a un tiempo de 96 h de exposición y un incremento térmico de 15°C.
- Los organismos de Bahía Kino, México, con una talla promedio de 10.01 mm, presentan una TLM superior de 38.16 °C a 32.6 °C dependiendo de la temperatura de aclimatación y el tiempo de exposición.
- Los organismos de Bahía Kino, México, con una longitud promedio de 15.173 mm, presentan una TLM superior de 41.63 °C a 40.57 °C dependiendo de la temperatura de aclimatación y el tiempo de exposición.
- La población de Francia, con tallas promedio de 10.25 mm, presenta una TLM superior de 42 °C a 32.9 °C dependiendo de la temperatura de aclimatación y el tiempo de exposición.

-Las mortandades de ostión en el noroeste de México fueron causadas por una elevación anormal en la temperatura a niveles subletales, combinada con una disminución en la calidad y cantidad de fitoplancton, resultantes del evento El Niño de 1997-1998.

-La mortalidad obtenida fue posiblemente incrementada por una mayor susceptibilidad a altas temperaturas y un menor desempeño en las poblaciones cultivadas en México provenientes de juveniles importados de los Estados Unidos, como resultado de una reducción en la heterozigocidad de la población.

RECOMENDACIONES

-Es recomendable para la producción de *Crassostrea gigas* en campo, la aclimatación previa de los organismos en laboratorio hacia la temperatura promedio presente en la zona de cultivo y considerar tallas mayores a los 10 mm (cercanas a los 15 mm). con el fin de disminuir la mortalidad en el cultivo.

- Llevar a cabo monitoreos de temperatura continuos (diarios) y de alta frecuencia (cada 0.5-1h), empleando termógrafos digitales.

-Es conveniente el monitoreo de temperatura en la zona de cultivo, con el fin de detectar posibles indicadores de un evento Niño, para poder tomar las medidas necesarias al respecto, ya que el efecto de las temperaturas y la baja productividad ejercen una fuerte influencia en los organismos, provocando altas mortalidades.

-Realizar un estudio similar de temperatura Letal Superior, con incrementos térmicos paulatinos, para obtener la temperatura Letal incipiente, y observar de manera más detallada el comportamiento de *Crassostrea gigas* con el incremento de la temperatura.

-Realizar estudios enfocados a temperaturas letales inferiores en organismos aclimatados en temperaturas altas, con el fin de generar información del comportamiento de esta especie ante la presencia del fenómeno La Niña, ya que fue claro en el presente trabajo que a temperaturas de aclimatación bajas (15°C), afectan la termotolerancia de juveniles de *Crassostrea gigas*.

- Se recomienda realizar un estudio comparativo entre juveniles de esta especie, de varios rangos de tallas, ya sea en base a su temperatura letal superior o su marco de actividad, con el fin de establecer la talla óptima de siembra (que ofrece más resistencia a las variaciones ambientales).

-Realizar estudios genéticos de las poblaciones actuales en cultivo, así como, de los reproductores que actualmente se obtienen para la obtención de la siguiente generación de ostras a cultivar, como una medida para evitar la endogamia en las poblaciones de esta especie, presentes en las costas de México.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMEIDA, M. J., MACHADO, J. Y J. COIMBRA.** 1997. Growth and biochemical composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg) at three fishfarm earthen ponds. J. Fish. Res. 16(2): 455-462.
- AYALA, F. J. Y J. A. KIGER.** 1984. Genética moderna. Ed. Fondo Educativo Interamericano, México, 836 pp.
- ANSELL, A. D. BARNETT, P.R.O. Y A. BODOY.** 1980a. Upper temperature tolerances of some european molluscs. 1. *Tellina fabula* and *T. Tenuis*. Mar. Biol. 58(1): 33-39.
- ANSELL, A. D. BARNETT, P.R.O. Y A. BODOY.** 1980b. Upper temperature tolerances of some european molluscs. 2. *Donax vittatus*, *D. semistriatus* and *D. trunculus*. Mar. Biol. 58(1): 41-46.
- ANSELL, A. D. BARNETT, P. R. O., BODOY, A. Y H. MASSE.** 1981. Upper temperature tolerances of some European molluscs. *Cardium glaucum*, *C. tuberculatum* and *C. edule*. Mar Biol. 65(2), 177-183.
- ARRIAGA-BECERRA, R. E. Y C. RANGEL DÁVALOS.** 1988. Diagnóstico de la Situación Actual y Perspectivas del cultivo de ostión en México. Secretaría de Pesca. Dir. Gral. De Comunic. Social. 95pp.
- BAYNE, B.L.** 1976. Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press. 505 pp.
- BAYNE, B.L.** 1983. Physiological ecology of marine molluscan larvae. En: "The Mollusca". 299-343. Academic Press, N.Y.
- BAYNE, B.L., THOMPSON, R.J. Y J. WIDDOWS.** 1973. Some effects of temperature and food on the rate oxygen consumption by *Mytilus edulis* L. In: Effects of temperature on ectothermic organisms (Ed. W. Wieser), pp. 181-93. Springer-Verlag, Berlín.
- BAYNE, B.L. Y R.C. NEWELL.** 1983. Physiological Energetics of Marine Molluscs. Mollusca. 4: 407-501.
- BAKER, R.J.** 1988. Differential response to environmental stress. In: Weir, b.S, Eisen, E.J., Goodman M.M. and G. Namkoong (Eds.), Proceedings of the Second International Conference on Quantitative Genetics, Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts, 492-504.
- BEIRAS, R.** 1995. Fisiología del crecimiento en *Ostrea edulis*. Tesis Doctoral. España, 261 pp.
- BEIRAS, R., PÉREZ-CAMACHO, A. Y M. ALBENTOSA.** 1990. Tasa de filtración en larvas de ostra (*Ostrea edulis* L.). Actas III Congreso Nac. Acuicult. 581-585.

BOUGRIER, S., GEAIRON, P., DESLOUS-PAOLI, J.M., BARCHER, C. Y G. JONQUIÈRES. 1995. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture. 134:143-154.

BOURGET, E. 1983. Seasonal variations of cold tolerance in intertidal mollusks and its relation to environmental conditions In : The St. Lawrence Estuary. J. Zool. 61(6): 1193-1201.

BODOY, A., DINET, A., Y H. MASSE. 1976. Effect of acclimation on the thermal tolerance of *Corithium vulgatum* (Gastropod; Mollusc) and *Asellopsis duboscqui* (Harpacticoid:Copepod). Tethys. 8 (1): 105-110.

BRUCE, A., BRAY D., LEWIS, J., RAFF M., ROBERTS, K. Y J. D. WATSON. 1996. Biología Molecular de la Célula. Tercer edición. Ediciones OMEGA, S.A.. Barcelona, España., 1387pp

BUROKER, N., HERSHBERG, W. K. Y K. CHEW. 1979. Population genetics of the family Ostreidae. I. Intraspecific studies of *Crassostrea gigas* and *Saccostrea commercialis*. Mar. Biol. 54: 157-179.

CORRAL-PALOMARES, M. J. 2003. Evaluación del desarrollo larvario, éxito de metamorfosis y crecimiento en juveniles en dos poblaciones de ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793). Tesis licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No 21., México.

CORREA, F., E. COLLINS, A. OCEGUERA, DOMÍNGUEZ, D. Y B. CORDERO. 2003. Variación alozímica en adultos de *Crassostrea gigas* durante tres años en la Bahía de San Quintín, B.C., México. Ciencias Marinas, (Aceptado).

CRUZ-HERNÁNDEZ, P. 1997. Análisis comparativo del crecimiento y supervivencia de dos poblaciones de almeja catarina *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842) y sus cruasas recíprocas en Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 85pp.

CRUZ, P., RAMÍREZ, J.L., GARCÍA, G.A. Y A.M. IBARRA. 1998. Genetic differences between two populations of catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) for adaptations for growth and survival in a stressful enviromental. Aquaculture. 166:321-335.

DIEHL, W.J., GAFFNEY, P.M. Y K. KOEHN. 1986. Physiological and genetic aspects of growth in the mussel *Mytilus edulis*. I. Oxygen consumption, growth, and weight loss. Physiol. Zool. 59 (2): 201-211.

DILLON, T. Y J. MANZI. 1988. Enzyme heterozygosity and growth rate in nursery populations of *Mercenaria mercenaria* (L.). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 116: 79-86.

DICKIE, L. M. 1958. Effects of high temperature on survival of the giant scallop. J. Fish. Res. Can. 15,1189-1211.

FALCONER, D.S. 1981. Introduction to quantitative genetics. 2nd. Edition. Longman. London, 340 pp.

FARÍAS, A., URIARTE, I. Y P. VARAS. 1997. Estudio de los requerimientos nutricionales del ostión del norte *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) durante el acondicionamiento reproductivo. Biol. Mar. Oceanogr. Res. 32(2): 127-136.

FELIX-PICO, E.F., SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, R., SING, CABANILLAS, J., Y J. L. VERDUGO HERNÁNDEZ. 1976. Programa de orientación técnica para el aprovechamiento de los recursos naturales y prácticas de maricultivos en Bahía Concepción y Ensenada de la Paz. Tercer Informe Final de la Dirección de Acuicultura de la SRH, La Paz B.C.S., México, Diciembre de 1976. 65 pp.

FOLTZ, D.W., NEWKIRK, G.F. Y E. ZOUROS. 1983. Genetics of growth rate in the American oyster: absence of interactions among enzyme loci. Aquaculture 33: 157- 165.

FOLTZ, D.W. Y E. ZOUROS. 1984. Enzyme heterozygosity in the scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in relation to age and size. Mar. Biol. Lett. 5: 255-263.

FRIEDMAN, C.S. Y R.P. HEDRICK. 1991. Pacific oyster nocardiosis: isolation of the bacterium and induction of laboratory infection. J. Invertebr. Pathol. 57:109-120.

GAFFNEY, P.M. 1986. Physiological genetics of growth in marine bivalves. Ph. D. Dissertation. Stony Brook: State University of New York.

GALL, G.A.E. 1987. Inbreeding. In: Ryman N. y F. Utter (Eds.), Population genetics and fishery management, University of Washington, 420 pp.

GARCÍA-PELAYO, R. Y GROSS. 1984. Nuevo diccionario manual ilustrado. Larousse. México. 997 pp.

GARTON, D.W. 1984. Relationship between multiple locus heterozygosity and physiological energetics of growth in the estuarine gastropod *Thais haemastoma*. Physiol. Zool. 57: 530-543.

GERDES, D. 1983. The Pacific oyster, *Crassostrea gigas* . Part I. Feeding behavior of larvae and adults. Aquaculture. 31:195-219.

GOULLETQUER, P., WOLOWICZ, M., LATALA, A., GEAIRON, P., HUVET, A., Y P., BOUDRY. 1999. Comparative analysis of oxygen consumption rates between cupped oyster spat of *Crassostrea gigas* of French, Japanese, Spanish and Taiwanese origins. Aquat. Living Res. 12: 271-277.

GREEN, E.J., SINGH, D.E., HICKS, B. Y J.M. McCUAIG. 1983. An Arctic intertidal population of *Macoma balthica*: (Mollusca, Pelecypoda): Genotypic and phenotypic components of population structure. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40 (9):1360-1371.

GILL, P. D. 1978. Non-genetic variation in isoenzymes of lactate dehydrogenase of *Cepaea nemoralis*. Comp. Biochem. Physiol. B. 59: 271-276.

- HABBIB, O.A.M.** 1977. The effect of constant and changing temperatures of the thermal resistance of *Lymnaea peregra* (Muller). J. Therm. Biol. 2(4): 191-195.
- HARTL, D.L.** 1991. Basic Genetics. Jones and Bartlett Publishers, Second edition, Boston, 509pp
- HAURE, J., PENISSON C., BOUGRIER, S. Y J.P. BAUD.** 1998. Influence of temperature on clearance and oxygen consumption rates of the flat oyster *Ostrea edulis*: determination of allometric coefficients. Aquaculture .169: 211-224.
- HAWKINS, A.J.S. Y B. L. BAYNE.** 1991. Nutrition of marine mussels: factors influencing the relative utilizations of protein and energy. Aquaculture. 94:177-196.
- HEDGECK, D., Y F. SLY.** 1990. Genetic drift and effective population size of hatchery-propagated stocks of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Aquaculture. 88: 21-38
- HERRERA, D.F., ESPINA, S. Y R.L.F., BUCLE.** 1994. Thermal stress responses of *Procambarus clarkii*. Rec. Ital. Acqua. 29:149- 154.
- HOCHACHKA, P.W. Y G.N. SOMERO.** 1984. Bioquimical Adaptation. Princeton University Press, Princeton. N.J. 537p.
- HOFFMAN, K.H., 1983.** Metabolic and Enzyme Adaptation to temperature and Pressure. Mollusca. 2: 221-255.
- KENNEDY Y MILHURSKY.** 1971. Upper temperature tolerances of some estuarine bivalves Chesapeake Science. 12: 193-204.
- KITTEL, M.** 1998. Comparative analysis of Tasmanian Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, after growth in Washington State. J. Shellfish. Res. 17(1): 329.
- KIMBALL, J. W.** 1982. Biología. Ed. Fondo educativo interamericano. Cuarta Edición, México D.F., 883 pp.
- KOEHN, R.K. Y P.M. GAFFNEY.** 1984. Genetic heterozygosity and growth rate in *Mytilus edulis*. Mar Biol. 82:1-7.
- LENT, C.M.** 1968. Air gaping by the ribbed mussel, *Modiolus demissus* (Dillwyn). Effects and adaptative significance. Biol. Bull. 134: 60-73.
- LEYVA-VALENCIA, I.** 1999. Termotolerancia, halotolerancia y temperatura óptima en juveniles de callo de hacha (*Atrina maura* Sowerby, 1935). Tesis de licenciatura. Los Reyes - Iztacala Universidad Nacional Autónoma de México, México. 54 pp.
- LE-GALL, J.L. Y O. RAILLARD.** 1988. Influence of temperature on the physiology of the oyster *Crassostrea gigas*. Oceanis.Doc. Oceanogr. 14: 5-7.
- LI, G.C. y A. LAZLO.** 1985. Thermotolerance in mammalian cells: a posible role for heat shock proteins. Pp. 227-254. *In*: B.G. Atkinson & D.B. Walden (Eds). Changes in Eukaryotic Gene expression in Response to Enviromental Stress. Academic Press, Orlando.

LIVINGSTONE, D.R. Y BAYNE, B.L. 1974. Pyruvate Kinase from the mantle tissue of *Mytilus edulis* L. Comp. Biochem. Physiol. B 48: 481-497.

LODEIROS, C., RENGEL, J. J., GUDERLEY, H.E. Y J. H. HIMMELMAN. 2001. Biochemical composition and energy allocation in the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* during the months leading up to and following the development of gonads. Aquaculture. 199:63-72

LOOSANOFF V.L. Y H.C. DAVIS. 1963. Rearing of bivalve molluscs. Adv. Mar. Biol. 1: 1-136.

LLUCH-COTA, D.B., LLUCH-BELDA, D., LLUCH-COTA, S.E., LÓPEZ MARTÍNEZ, J., NEVAREZ-MARTÍNEZ, M., PONCE-DÍAZ, G., SALINAS-ZAVALA, C.A., VEGA-VELÁZQUEZ, A., LARA-LARA, J.R., HAMMANN, M.G. Y J. MORALES. 1999. Las pesquerías y el Niño: Impactos del Niño en el sector pesquero. En :Magaña R.V.O. (Ed). Impactos de El Niño en México. SG-UNAM-IAI-CONACyT, 137-178.

LLUCH-COTA, S.E., PACHECO-AYUB, C.A., BAUTISTA-ROMERO, J.J., HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, S. Y D.B. LLUCH-COTA. 2000. Colección de información ambiental para el Pacífico mexicano. CD-ROM. CIBNOR, S.C./CONACYT.

MALOUF, R. E. Y W. P. BREESE. 1977. Seasonal changes in the effects of temperature and water flow rate on the growth of juvenile Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture. 12: 1-13.

MARKEL, R. P. 1976. Some biochemical responses to temperature acclimation in the limpet, *Acmaea limatula* Carpenter (1864). Comp. Biochem. Physiol. 88, 103-112.

MATTHIESSEN, G.C. 2001. Oyster Culture. Fishing News Books. Blackwell Science, Oxford. 162 pp.

MAZÓN-SUÁSTEGUI, J. M. 1996. Cultivo de Ostión japonés *Crassostrea gigas* . En: Casas- Valdez, M y Ponce- Díaz, G., (Eds). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Editorial CIBNOR, México. 2: 625-650.

MICHELL, . H.P. 1914. The oxygen requirements of shellfish. Bull. U.S. Bur. Fish. 1914: 207-222.

NAVARRO,E. IGLESIAS, J. I. P. PÉREZ-CAMACHO, A., LABARTA, U. Y R. BEIRAS. 1991. The Physiological energetics of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) from different cultivation rafts in the Ria de Arosa (Galicia, N.W. Spain). Aquaculture. 94:197-212.

NEWELL, R.C. Y V. I. PYE. 1970. Seasonal changes in the effects of temperature on the oxygen consumption of the periwinkle *Littorina littorea* (L.) and the mussel *Mytilus edulis* L. Comp. Biochem. Physiol., 34: 367-383.

- NEWELL, R.C. E., PAYNTER, K. Y G. BURRESON.** 1994. physiological effects of protozoan parasitisms on the eastern oyster *Crassostrea virginica* : feeding and metabolism. J. Shellfish Res. 5:91-95.
- NOVER, L.** 1991. Induced thermotolerance. pp.410-451. *In:* L. Nover (Ed). Heat Shock Response. CRC. Press, Boca Raton, FL.
- PAUL, J.D.** 1980. Upper temperature tolerance and the effects of temperature on byssus attachment in the queen scallop, *Chlamys opercularis* (L.). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 46: 41-50.
- POZA-BOVEDA, J.V. Y R.J. RODRÍGUEZ.** 1987. Survival of mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Gilgins, 1828) in respect to temperature, salinity and pH variations. Soc. Cienc. Nat. La Salle. 47:127-128.
- QUINN, J.M., STEELE, G. L. HICKEY, C.W. Y M.L. VICKERS.** 1994. Upper thermal tolerances of twelve New Zealand stream invertebrate species. J. Mar. Freshwat. Res. 28 (4): 391-397.
- RAND, G.M. Y S.R. PETROCELLI.** 1985 Fundamentals of aquatic toxicology, Methods and Applications, Hemisphere, New York. *En:* Greenberg, A. E., Clesceri, L. S. y Eaton, A. D. (Ed.) Standard Methods 1992. 18th Edition Sec. 8-2.
- READ, K.R.H.** 1962. Respiration of the bivalve molluscs *Mytilus edulis* L. and *Brachiodontes demissus plicatulus* Lamarck as function of size and temperature. Comp. Biochem. Physiol. 89 -101.
- RIISGARD, H.U., RANDLOV, A. Y K. HAMBURGER.** 1981. Oxygen consumption and clearance rate as a function of size in *Mytilus edulis* L. veliger larvae. Ophelia. 20: 179-183.
- ROSA-VÉLEZ, DE LA J., GUTIÉRREZ-WING, M.T. Y R. RADILLA-CAMACHO.** 1991. El ostricultivo de Bahía de San Quintín, B.C., México: Aspectos genéticos. Cien. Mar. 17 (3): 133 145.
- ROSS, M. J.** 1980. temperature and influences on habitat selection in two pleurocerid snails (Goniobasis). Am. Midl. Nat. 103(2): 209 -217.
- RODHOUSE, P.G., Y P.M. GAFFNEY.** 1984. Effect of heterozygosity on metabolism during starvation in the America oyster *Crassostrea virginica*. Marine Biology. 80:179-187.
- SCOTT, T.M. Y R.K. KOHEN.** 1990. The effect of environmental stress on the relation-ship of heterozygosity to growth rate in the coot clam *Mulinia lateralis* (Say). Mar. Biol. Ecol. 135: 109 -116.
- SHAMSELDIN, A. A., CLEGG, J., FRIEDMAN, C.S., GARY, N.C. Y P.C. MURALI.** 1997. Induced thermotolerance in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. J. Shellfish Res. 16 (2): 487-491.

SHUMWAY, S.E. Y R.K. KOHEN. 1982. Oxygen consumption on the american oyster *Crassostrea virginica*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 9 : 59-68.

SHUMWAY, S.E. BARBER, J. Y J. STAHLNECKER. 1988. Seasonal changes in oxygen consumption og the giant scallop. *Placopecten magellanicus* (Gmelin). J.Shellfish Res. 3: 114.

SICARD-GONZALEZ, M. T. 1999. Temperatura letal media superior y Temperatura óptima en una población de almeja catarina (*Argopecten ventricosus* Sowerby II, 1842) Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, IPN. México. 95 pp.

THOMPSON, R. J., Y B.L. BAYNE. 1974. Some relationships between growth, metabolism and food in the mussel *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 27: 317-326.

VILLEE, C.A. 1985. Biología. Ed. Interamericana, Séptima edición, México, 803 pp.

VOLCKAERT, F. Y E. ZOUROS. 1989. Allozyme and physiological variation in the scallop *Placopecten magellanicus* and general model for the effects of heterozygosity on fitness in marine molluscs. Mar. Biol. 103: 51-61.

URBAN, H.J. 1994. Upper temperature tolerance of ten bivalve species off Peru and Chile related to El Niño. Mar. Ecol. 107(1-2): 139-149.

WIDDOWS, J. 1973. The effect of temperature and food on the heart beat, ventilation rate and oxygen uptake of *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 20: 269-276.

WARD, R., ENGLISH, L., MCGOLDRICK, D., MAGUIRE, G., NELL, J. Y P. THOMPSON, 2000. Genetic improvement of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Australia. Aquaculture Research. 31(1): 35-44.

WALLIS, R L. 1977. Some aspects of the thermal tolerance of *Trichomya hirsuta* (Mollusca:Bivalvia) of Eastern Australia. Mar. Biol. 43 (3): 217-223.

WILSON, J. H. 1978. Particle retention and selection by larvae and spat of *Ostrea edulis* in algal suspensions. Mar. Biol. 57:135-145.

WILSON, J. G. Y B. ELKAIM. 1997. Seasonal and Geographical Differences in Oxygen Consumption with Temperature of *Cerastoderma glaucum* (Poiret) and a Comparison with *C. edule* (L.).France. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 45: 571-577.

WIESER, W., Y E. WRIGHT. 1979. D-Lactate Formation, D-LDH activity and glycolytic potencial of *Helix pomatia* L. J. Comp. Physiol. 126:249-255.

WRIGHT, S. 1931. Evolution in Mendelian populations. Genetics. 16: 97-159.

ZEUTHEN, E. 1953. Oxygen uptake as related to body size in organisms. Quat. Rev. Biol. 28(1): 1-12.

