

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



VARIACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL OSTIÓN JAPONÉS
(*Crassostrea gigas*, THUNBERG) EN CULTIVOS COMERCIALES
DE BAHÍA SAN QUINTÍN, B.C.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
OCEANOGRAFÍA COSTERA
PRESENTA

MARCO AURELIO GONZÁLEZ GÓMEZ

ENSENADA, B.C.

FEBRERO DE 1997

**VARIACION TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL OSTION JAPONES
(*Crassostrea gigas*, THUNBERG) EN CULTIVOS COMERCIALES
DE BAHIA SAN QUINTIN, B.C.**

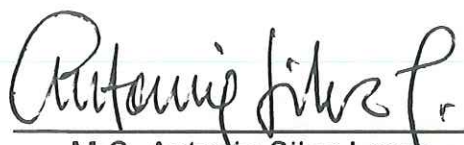
**TESIS
QUE PRESENTA**

MARCO AURELIO GONZALEZ GOMEZ

Aprobada por



M.C. Zaúl García Esquivel
Presidente del Jurado



M.C. Antonio Silva Loera
Sinodal



M.C. Felipe Correa Díaz
Sinodal

RESUMEN

Se llevaron a cabo dos experimentos (primavera y verano) con el fin de evaluar la calidad del ostión, *Crassostrea gigas* en los cultivos comerciales en Bahía San Quintín (BSQ), en base a la eficiencia de fijación, tasas de crecimiento, mortalidad, índice de condición y composición proximal. Los estudios se llevaron a cabo en dos localidades de BSQ: la Boca del brazo Bahía Falsa (Est. 1) y el extremo interno del mismo (Est. 2). El proceso de fijación y cultivo posterior del ostión se monitoreó desde su fase premetamórfica hasta adulto, utilizando los mismos métodos e infraestructura de los ostricultores. El porcentaje de fijación varió entre 27.3 % y 14.4 %. Se encontró una gran variabilidad en la fijación de larvas sobre la concha madre (desde 0 fijación hasta aprox. 400 larvas por concha). La mayor mortalidad ocurrió durante los primeros dos meses (preengorda) después de la fijación. En primavera la mortalidad fue significativamente mayor en la Est. 1 (87 %) que en la Est. 2 (63 %), mientras que en verano la mortalidad en ambas zonas fue similar (63 y 71 % respectivamente). Se observó una mayor tasa de crecimiento del ostión en la Est. 1 (0.34 y 0.36 mm día⁻¹) que en la Est. 2 (0.23 y 0.21 mm día⁻¹) exp. de primavera y verano respectivamente. En ambos experimentos el índice de condición (IC) en organismos juveniles menores de 43 mm fue alto (Mediana, Md = 75 a 83) y disminuyó una vez que iniciaron el crecimiento exponencial de la concha (40 a 60 mm). El IC se recuperó en la Est. 1 pero no en la 2. Al final de ambos experimentos los ostiones de la Est. 1 acumularon mayor cantidad de tejido (1.20 y 2.1 gr ind⁻¹; 204 y 263 días respectivamente) que los de la Est. 2 (0.44 y 0.23 gr ind⁻¹; 204 y 263 días respectivamente). La variación en el contenido de proteínas, lípidos y glucógeno fue independiente de la edad mientras que dichos compuestos si dependen de la talla del organismo. En general las proteínas siempre constituyeron la mayor fracción (46.8 a 53.8 %) del peso del tejido seco, seguidas por las cenizas (22.5 a 33.1 %), lípidos (5.3 a 6.8 %) y glucógeno (0.3 a 2.4 %), en todos los casos una fracción del peso (aprox. 15 %) no pudo ser asociada a un componente bioquímico específico. No se pudieron detectar diferencias significativas en la concentración de clorofila a y seston entre las Est. 1 y 2, por lo que se sugiere que la medición de estos parámetros y las variables fisicoquímicas se realicen de manera continua. Se concluye que los organismos en la estación de la Cabeza tardan mas en alcanzar la talla comercial y están sometidos a mayor estrés ambiental que los ostiones de la Boca.

DEDICATORIA

A mi esposa:

Betty

A mis hijos:

Marco Andrés y David Alejandro

A mis padres:

Bertha y Aurelio

A mis hermanas:

Laura y Malinalli

A todos con mucho amor

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haber otorgado la beca con la cual fué posible realizar los estudios de maestría.

A la empresa Acuícola San Quintín S.A. de R.L. por facilitarme el uso de su equipo e instalaciones y por la donación de larvas de ostión sin la cual no hubiera sido posible este trabajo.

A la empresa Juan Cota S.A. de R.L. por facilitarme el uso de sus instalaciones durante la primera parte del trabajo.

Al Dpto. de Acuacultura de la SEMARNAP-Ensenada, por asesorarnos para ubicar las zonas de experimentación en las zonas de cultivo.

A mi director de tesis M.C. Zaúl García Esquivel, por la amistad y apoyo que me brindó durante todo el desarrollo de este trabajo.

A mis sinodales M.C. Antonio Silva Loera y al M.C. Felipe Correa Díaz, por sus valiosas sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo.

A Pablo Hernández por el apoyo que me brindo durante todo el trabajo de campo en Bahía San Quintín.

Al Dr. Efraín Gutiérrez Galindo, director del Instituto de Investigaciones Oceanológicas y a los subdirectores M.C. Alfredo Salas Garza y al M.C. Antonio Segovia Zavala por su apoyo brindado durante la etapa final de este trabajo.

A mis compañeros Biol. Fernando Garza S., Oc. José Guzmán C., Oc. Elda Mendez M., Beatriz Ruiz O., Oc. Angélica Alarcón y P de Oc. Natalie Rodríguez D., por su ayuda brindada durante el trabajo de campo y análisis de muestras.

Al personal administrativo del IIO, a los compañeros de trabajo y a todas aquellas personas que de alguna forma contribuyeron a la realización de este estudio.

El estudio fue realizado en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California con financiamiento otorgado al M.C. Zaúl García Esquivel, a través de los proyectos CONACYT 431100-5-4290T y UABC 403/4/5.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
2.1. <i>Generalidades</i>	5
2.2. <i>Mortalidad y crecimiento del ostión juvenil-adulto</i>	7
2.3. <i>Índice de condición</i>	10
2.4. <i>Cultivo y desarrollo del ostión en Bahía San Quintín</i>	13
2.5. <i>Variables ambientales en Bahía San Quintín</i>	17
3. OBJETIVOS	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1. <i>Obtención y fijación de larvas</i>	20
4.2. <i>Evaluación de la eficiencia de fijación</i>	21
4.2.1. <u>Evaluación indirecta</u>	21
4.2.2. <u>Evaluación directa</u>	22
4.3. <i>Mortalidad</i>	22
4.3.1. <u>Larvas pedivelígeras</u>	22
4.3.2. <u>Post-larvas fijadoras tempranas y tardías</u>	22
4.3.3. <u>Efecto de la localidad</u>	25
4.4. <i>Calidad del ostión <u>Crassostrea gigas</u> en Bahía Falsa</i>	25
4.4.1. <u>Diseño experimental y muestreos</u>	25
4.4.2. <u>Evaluaciones</u>	26
4.4.2.1. <u>Tallas</u>	26
4.4.2.2. <u>Índice de condición</u>	27
4.4.2.3. <u>Peso seco del tejido y peso libre de ceniza</u>	28
4.4.2.4. <u>Composición química</u>	28
4.5. <i>Variables físico-químicas</i>	29
4.5.1. <u>Campo</u>	29
4.5.2. <u>Laboratorio</u>	32
4.6. <i>Análisis estadístico</i>	32
5. RESULTADOS	35
5.1. <i>Calidad de larvas y fijación en piletas comerciales</i>	35
5.1.1. <u>Evaluación indirecta de la fijación</u>	35
5.1.2. <u>Evaluación directa de la fijación</u>	38
5.2. <i>Mortalidad</i>	41
5.2.1. <u>Larvas fijadoras tempranas y tardías</u>	41
5.2.2. <u>Mortalidad en dos localidades de Bahía Falsa</u>	41

	Página
5.3. <i>Calidad del ostión durante el ciclo de engorda</i>	43
5.3.1. <u>Crecimiento en concha</u>	43
5.3.2. <u>Peso del tejido e índice de condición</u>	50
5.3.3. <u>Composición química: efecto de la edad y la talla</u>	52
5.4. <i>Variables ambientales</i>	57
6. DISCUSIÓN	65
6.1. <i>Calidad de las larvas y fijación</i>	65
6.2. <i>Mortalidad</i>	68
6.3. <i>Crecimiento y calidad del ostión durante la engorda</i>	71
7. CONCLUSIONES	79
8. REFERENCIAS	80

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Calidad de larvas pedivelígeras del ostión <i>Crassostrea gigas</i> , utilizadas para fijación en piletas comerciales en Bahía San Quintín, B.C. El Experimento de Primavera inició en abril de 1995 y el Experimento de Verano en julio de 1995. $\bar{X}$ indica valor promedio. Md indica mediana. El valor después del signo ($\pm$) indica el error estándar de los promedios. El intervalo de confianza al 95 % está indicado para las medianas (I.C. _{inf.} y I.C. _{sup.} = límites inferior y superior del intervalo de confianza, respectivamente).	36
II	Porcentaje promedio de fijación de larvas pedivelígeras del ostión <i>C. gigas</i> en tanques comerciales. La evaluación se hizo mediante el conteo directo de organismos adheridos a la concha madre. El valor después del signo ($\pm$) indica error estándar; N = número de conchas madre que se analizaron al final del período de fijación.	39
III	Comparación de las pendientes y elevaciones de las ecuaciones de regresión de talla vs. tiempo para ostiones (<i>Crassostrea gigas</i>) que se fijaron en arpillas y sartas, durante los experimentos de Primavera y Verano. <i>m</i> indica la pendiente de la ecuación de regresión; <i>a</i> el intercepto, <i>t</i> el estadístico de prueba (t-Student). <i>ns</i> no significativo a un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$).	46
IV	Datos morfométricos de los ostiones utilizados para evaluar la composición proximal de <i>Crassostrea gigas</i> en dos zonas de engorda de Bahía San Quintín, B.C. Los valores entre paréntesis indican error estándar de la media. No hay diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las tallas de 53.9 vs 55.6 ($t = -0.71$); 43.3 vs 44.7 ($t = -0.65$); 68.3 vs 66.0 ($t = 0.46$).	53
V	Valores del intercepto (<i>a</i>) y pendiente (<i>m</i>) de las ecuaciones de regresión del contenido bioquímico del ostión <i>Crassostrea gigas</i> en función de la talla y edad. Las regresiones se computaron con los datos bioquímicos obtenidos de los ostiones de la Tabla IV, previa transformación a logaritmo natural. R^2 es el coeficiente de determinación, <i>p</i> nivel de probabilidad del estadístico F.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización del área de estudio	24
2	Diagrama esquemático de la toma de muestras de agua para cuantificación de clorofila y seston, a dos profundidades. La ubicación del termógrafo y las sartas con ostión están indicados. Nota: la figura no está a escala.	31
3	Cambios temporales en el porcentaje de fijación promedio del ostión <i>Crassostrea gigas</i> , evaluado mediante el conteo de larvas nadadoras en piletas de fijación comercial de Bahía San Quintín, B.C, para los experimentos de primavera (a, b) y verano (c, d). Las líneas verticales indican el error estándar.	37
4	Distribución de frecuencias de la densidad de postlarvas de <i>Crassostrea gigas</i> por concha madre, para los experimentos de primavera (a, b) y verano (c, d). La n indica el número de conchas que se evaluaron en cada caso.	40
5	Mortalidad acumulativa del ostión <i>Crassostrea gigas</i> , desde la etapa de postlarva hasta juvenil-adulto. Cada una de las curvas corresponde al período de fijación indicado en la leyenda, para el experimento de primavera. Las líneas verticales indican el error estándar.	42
6	Mortalidad acumulativa del ostión <i>Crassostrea gigas</i> durante la pre-engorda (cuadros sombreados) y engorda (círculos negros = Est. 1; círculos blancos = Est. 2). La fijación se llevó a cabo en la modalidad de "arpillas" y "sartas", para los experimentos de primavera (a, b) y verano (c, d). Las líneas verticales indican el error estándar.	44
7	Curvas de ajuste lineal de los cambios temporales en la talla del ostión <i>Crassostrea gigas</i> en la modalidad de "arpilla" (círculos negros) vs modalidad "sartas" (círculos blancos) en la Estación 1 y 2, para los experimentos de primavera (a, b) y verano (c, d). Las líneas de ajuste se obtuvieron de una ecuación de regresión común (indicada en las gráficas) para arpillas y sartas (ver texto y Tabla III).	45
8	Cambios temporales en la longitud de la concha del ostión <i>Crassostrea gigas</i> , para los experimentos de primavera (a) y verano (b). Los cuadros sombreados indican el crecimiento en la zona de pre-engorda, los círculos negros indican el crecimiento en la Estación 1 y los blancos en la Estación 2, durante la fase de engorda. Las líneas verticales señalan el error estándar.	48

Figura		Página
9	Tasa de crecimiento relativo para el ostión <i>Crassostrea gigas</i> en la zona de pre-engorda (cuadros sombreados) y en la zona de engorda para los experimentos de primavera (a) y verano (b). Estación 1 (círculos negros) y Estación 2 (círculos blancos).	49
10	Cambios temporales en el peso del tejido seco (a, b) e índice de condición (c, d) del ostión <i>Crassostrea gigas</i> en la zona de pre-engorda (cuadros sombreados) y en la zona de engorda, para los experimentos de Primavera (a, c) y Verano (b, d). Las líneas verticales indican el error estándar de los promedios (tejido) o el intervalo de confianza de la mediana (índice de condición) al 95 %.	51
11	Curvas de ajuste lineal entre el promedio de los componentes mayoritarios del tejido del ostión <i>Crassostrea gigas</i> vs la talla (a, c, e) y edad del organismo (b, d, f). Las regresiones se hicieron conjuntando los datos transformados a logaritmos naturales de las Estaciones 1 y 2. La regresión no fué significativa para las curvas (b, d y f) (ver detalles en Tabla V).	54
12	Composición química del ostión <i>Crassostrea gigas</i> , para los experimentos de primavera (a,b) y verano (c,d). La talla promedio y edad de los organismos que se analizaron son; (a) 53.9 ± 1.76 mm de 155 días; (b) 55.60 ± 1.64 mm de 204 días; (c) 43.3 ± 0.96 mm de 113 días; (d) 44.7 ± 1.93 mm de 200 días.	56
13	Variación del contenido de clorofila en la Estación 1 (a) y la Estación 2 (b), a 65 cm arriba del fondo (Superficie, barra blanca) y a 11.5 cm arriba del fondo (Fondo, barra sombreada). Las líneas verticales indican el error estándar.	58
14	Variación de seston total en la Estación 1 (a) y la Estación 2 (b), a 65 cm arriba del fondo (Superficie, barra blanca) y a 11.5 cm arriba del fondo (Fondo, barra sombreada). Las líneas verticales indican el error estándar.	59
15	Fracción del seston total correspondiente al material orgánico particulado en la Estación 1 (a) y Estación 2 (b), a 65 cm arriba del fondo (Superficie, círculos blancos) y a 11.5 cm arriba del fondo (Fondo, círculos negros).	60
16	Temperatura promedio diaria del agua en la Estación 1 (círculos negros) y Estación 2 (círculos blancos) en la Bahía San Quintín B.C. Del 5 de julio al 5 de septiembre de 1995.	62

Figura		Página
17	Salinidad, oxígeno disuelto y pH, en un transecto vertical, en la Estación 1 (círculo negro) y Estación 2 (círculo blanco) efectuados el 10 de mayo de 1995 (a, b, c) y el 9 de septiembre de 1995 (d, e, f).	63
18	Cambios temporales en el tiempo de exposición (horas mes^{-1}) de las sartas debido al efecto de las mareas. El tiempo de exposición está referido a la mitad superior del estante, del cual se suspenden las sartas con ostión. Estación 1 = círculos negros; Estación 2 = círculos blancos.	64

1. INTRODUCCIÓN.

Bahía San Quintín (BSQ) es uno de los lugares con mayor potencial acuícola en la costa occidental de México. Su alta productividad ha permitido el desarrollo comercial del ostricultivo el cual se sustenta en el ostión *Crassostrea gigas*, introducido en esta bahía a principios de los años 70's. El éxito de su cultivo se debe en parte a su rápido crecimiento, resistencia a condiciones adversas y adaptabilidad al sistema de cultivo que se utiliza (Islas-Olivares, 1975), además de que BSQ es considerada una de las lagunas costeras mas productivas del mundo (Lara-Lara, 1979). A parte de esto el ostión ha tenido una buena aceptación en el mercado regional lo que ha permitido el desarrollo de esta actividad acuacultural.

El sistema de cultivo que se utiliza en BSQ es del tipo artesanal y aunque los ostricultores dominan el proceso en todas sus etapas (desde el desove de progenitores hasta su comercialización), generalmente inician con la fijación de larva pedivelígera sobre conchas de ostión o escalopa, lo cual se lleva a cabo en piletas exteriores. Posteriormente la postlarva se transfiere a balsas de pre-engorda y por último, una vez que alcanza una talla de aproximadamente 5 mm (ostrilla), se coloca en los estantes de engorda donde permanece hasta su estado adulto.

A pesar de que el ostricultivo en BSQ es una práctica común y se han realizado una multitud de estudios encaminados a aspectos de su biología, ecología y parámetros fisico-químicos de su ambiente (ver Referencias en Torres-Fernández, 1987), hasta ahora no se ha evaluado de una manera cuantitativa el proceso de cultivo tal como es llevado a cabo por los propios ostricultores; en donde se incluya el análisis del proceso de fijación de larvas en piletas comerciales; los cambios en la calidad durante el desarrollo del ostión en los sistemas de cultivo comercial; el efecto

de la densidad de cultivo y las épocas de siembra sobre el desarrollo y calidad del ostión comercial. Para una evaluación realista de las variables anteriores es necesario que los experimentos se corran *in situ*, siguiendo estrictamente los métodos de cultivo tradicional para asegurar que las conclusiones obtenidas sean aplicables.

La etapa de fijación es muy importante para el ostricultor, ya que de ella depende en gran medida el rendimiento final del producto. Para evaluar el proceso existen dos tipos de monitoreo, el primero (método indirecto) es evaluar la cantidad de larva que esta nadando la cual nos va a indicar, por diferencia, la cantidad de larvas que esta fija o en proceso de fijación, el segundo (método directo) es contar directamente la larva fija a la concha. Por otra parte, el término calidad se refiere a la evaluación integral de las variables que reflejan en conjunto el estado de salud de un organismo e incluyen mortalidad; tasas de crecimiento tanto en concha como en tejido; contenido y proporción de reservas energéticas e índice de condición (que estima el estado fisiológico del organismo) y por último, la relación de estos parámetros con el medio ambiente.

En general los estudios sobre el desarrollo del ostión se han llevado a cabo en sistemas experimentales distintos a los que utilizan los ostricultores de la región, la aproximación mas cercana a un seguimiento en las estructuras comerciales la realizó Ramos-Amézquita (1987), quien comparó la rentabilidad de las artes de BSQ en base al rendimiento en número de organismos, tasas de crecimiento y mortalidad. Una de las desventajas de este trabajo es la falta de réplicas, la ubicación de un solo sitio de muestreo y la ausencia de datos sobre los estadios juveniles tempranos.

Por otra parte, en lo que se refiere a calidad del organismo, los cambios temporales en el peso y constitución química del tejido somático y gonadal son útiles para determinar etapas críticas del desarrollo. Un aumento en el peso del tejido indica

crecimiento somático o gametogénesis, mientras que una disminución es indicativo de catabolismo o desove (Barber y Blake, 1991).

Una manera mas rápida de evaluar el estado fisiológico de un organismo es mediante los índices de condición, los cuales pueden ser utilizados como indicadores de calidad para un producto comercial y además como índices ecofisiológicos útiles para caracterizar la "salud" aparente de un cultivo, ya que resume la actividad fisiológica neta del organismo (crecimiento, reproducción, secreciones, etc.) bajo condiciones ambientales dadas (Nascimento y Andrade-Pereira, 1980; Lucas y Beninger, 1985; Austin *et al.*, 1993).

Los índices de condición se dividen en índices estáticos y dinámicos. Los primeros son determinados en un punto en el tiempo y proveen información acerca del estado fisiológico del animal en un momento dado, mientras que los índices dinámicos se determinan sobre un período de tiempo y dan información acerca de los cambios fisiológicos que sufre una población o individuo en un intervalo del tiempo. A pesar de que estos últimos son los que dan mayor información, su desventaja es que para su evaluación se requieren instrumentos de precisión y trabajo intensivo en laboratorio (mediciones de respiración, producción de heces fecales, consumo de alimento, calculos de energía por métodos calorimétricos, etc.), por lo tanto los mas comúnmente usados son los índices estáticos (Lucas y Beninger, 1985).

Generar datos sobre la eficiencia de fijación, calidad y desarrollo del ostión en los estantes comerciales, en las diferentes zonas de cultivo, reviste mayor importancia si consideramos que actualmente, en BSQ solo se utiliza el 10 % de las 600 hectareas concesionadas en 1994 para ostricultivo, con una producción anual aproximada de 1000 ton. y con una clara tendencia a incrementarse en los próximos años (García-Esquivel *et al.*, no publ.). Por lo tanto el propósito de este trabajo es

determinar la eficiencia del proceso de fijación y dar un seguimiento detallado de la calidad del ostión en los sistemas comerciales lo cual dará un indicativo de la calidad comercial del ostión cultivado en BSQ en diferentes épocas del año. Lo anterior podrá utilizarse para plantear metodologías de manejo de etapas juveniles en el campo y proveerá evidencias realistas para poder estimar el potencial ostrícola de la Bahía.

2. ANTECEDENTES.

2.1. Generalidades.

Los ostiones son moluscos bivalvos y se caracterizan por tener el cuerpo encerrado por dos conchas calcáreas. En el caso del ostión japonés *Crassostrea gigas*, el crecimiento de la concha es de tipo concéntrico y puede adoptar diversas modalidades, según la localidad y condiciones ambientales dadas. El aparato reproductivo está compuesto por una gónada que en condiciones de máxima actividad cubre por completo la mayor parte del volúmen interno de la concha, generalmente desovan dos veces durante el transcurso del año principalmente en los meses cálidos (Walne, 1974). Sin embargo, debido a que el ciclo reproductivo es regulado principalmente por la temperatura, cantidad y calidad del alimento, entonces el tiempo y tipo de desove del organismo puede variar de una región a otra (Newell *et al.*, 1982; Dinamani, 1987).

La fertilización de los óvulos en el ostión *C. gigas* se realiza externamente. Después de la fecundación el huevo se divide sucesivamente en numerosos blastómeros, hasta transformarse en una esfera cubierta de cilios (trocófora) que le permite nadar, 24 horas después de la fertilización. Cuando las larvas se mantienen a una temperatura de 25 °C, se desarrolla una concha de dos valvas en forma de "D" (veliger) con una talla entre 75 a 80 μm . A partir de este momento la larva aumenta su capacidad de nadar mediante el desarrollo del velum que además le sirve como medio para atraer alimento a la cámara branquial (Walne, 1974). Cuando la larva tiene una edad de 20 días mide entre 250 a 300 μm de longitud y es cuando se desarrolla un pigmento o mancha ocular en medio de las valvas indicando que la larva se aproxima

a la metamorfosis (Breese y Malouf, 1975). Durante esta etapa ocurren profundos cambios en el organismo incluyendo la pérdida de su capacidad de nadar, ya que se desintegra el velum y se inicia la formación de las branquias. Por otra parte aparece una prolongación ciliada (pie) que le sirve para la búsqueda del sustrato donde fijarse (Sastry, 1965). En ostiones la metamorfosis dura generalmente entre 3 y 4 días, tiempo durante el cual los organismos pierden su capacidad para ingerir alimento particulado y obtienen su energía a partir de sus reservas endógenas (Holland, 1978; Gerdes, 1983). La fijación permanente se da cuando se produce un cemento calcáreo el cual fija una de las valvas al sustrato (Galtsoff, 1964; Walne, 1974).

Holland y Spencer (1973) en un estudio con el ostión europeo *Ostrea edulis* encuentran que durante el desarrollo larval los lípidos son la principal reserva energética, ya que aumentan de 8.8 % del peso total de la materia orgánica en larvas recién liberadas a 23.2 % antes de la metamorfosis. Durante la metamorfosis los lípidos disminuyen a 9.6 % y permanecen constantes después de la fijación. Las proteínas también juegan un papel importante como fuente de energía durante el desarrollo larval. Se ha observado que los lípidos y proteínas son utilizados casi en la misma proporción como fuente de energía durante periodos cortos de inanición en larvas y postlarvas de *O. edulis* (Holland y Spencer, 1973) y durante la metamorfosis de *Crassostrea virginica* y *C. gigas* (Haws *et al.*, 1993). Contrario a lo anterior, Bartlett (1979) sugiere que en *C. gigas* las proteínas más que los lípidos neutros constituyen la fuente de energía durante la última fase del estado larval. Lo mismo encontraron Rodríguez *et al.* (1990) en un estudio con *O. edulis*, donde encontraron que las proteínas constituyen el 69 % de la materia orgánica usada y genera el 62 % de la

energía requerida para la metamorfosis, mientras que los lípidos participan con 19 y 28 % respectivamente.

Posterior a la fase de fijación Holland y Hannant (1974) encuentran en *O. edulis* que durante los primeros meses después de la fijación el contenido de lípidos es mayor que el de glucógeno, sin embargo después de tres a cinco meses el contenido de glucógeno llega a ser mas grande que el de los lípidos, por lo tanto en algún momento dado después de la fijación del organismo debe de existir un cambio de lípidos a carbohidratos como la principal reserva energética, la cual se mantiene durante el resto del ciclo de vida del organismo.

El cambio de lípidos a carbohidratos como la principal reserva energética en *O. edulis* no está asociada con la madurez sexual y es independiente del tamaño, tasa de crecimiento y del método de cultivo (Holland y Hannant, 1974). Este cambio puede conferir ciertas ventajas relacionadas con las diferentes formas de vida, en el estado larval los lípidos pueden contribuir a la flotabilidad del animal debido a su baja densidad. Por otra parte las larvas se encuentran en un ambiente bien oxigenado por lo que sus reservas de triglicéridos pueden ser utilizados por las rutas normales de degradación oxidativa. En cambio los ostiones adultos se encuentran periódicamente expuestos al ciclo de marea y puede ser necesario utilizar las rutas metabólicas anaeróbicas, en este caso los carbohidratos son los que pueden ser catabolizados anaeróticamente en vez de los lípidos (Holland y Hannant, 1974).

2.2. Mortalidad y crecimiento del ostión juvenil-adulto.

La mortalidad de larvas pediveliger del ostión *C. gigas* es baja, 3 al 11 % al utilizar dietas de alto y bajo contenido proteico (Utting, 1986). Haws *et al.* (1993)

encuentran una mortalidad de 0 al 5 % durante las primeras 36 horas de iniciada la metamorfosis de *C. gigas*, pero aumenta rápidamente hasta alcanzar entre 23.4 a 90.8 % después de 55 horas. Jones y Jones (1983) encontraron que únicamente entre el 10 y 30 % de larvas pediveliger del ostión *C. gigas* fueron capaces de fijarse y crecer hasta juveniles en sistemas de producción comercial.

El alimento y la temperatura son los principales factores externos que regulan el crecimiento de los bivalvos filtro-alimentadores, tanto en condiciones de laboratorio como en poblaciones naturales (Laing *et al.*, 1987; Thompson y Nichols, 1988). La fuente natural de alimento en organismos filtroalimentadores, es el seston. La cantidad y calidad de este afecta de manera significativa el crecimiento en moluscos bivalvos (Gabbot, 1983; Widdows *et al.*, 1979; Vahl, 1980, Rodhouse *et al.*, 1984; Berg y Newell, 1986; Whyte *et al.*, 1990; Grant *et al.*, 1990). Fegley *et al.* (1992) menciona que el seston (materia particulada en suspensión) consiste principalmente de microalgas, detritus, bacterias y partículas inorgánicas. La cantidad de materia orgánica particulada relativa a la materia inorgánica particulada es lo que generalmente se utiliza como un indicador de la calidad del seston. Así mismo encuentra que el rango de concentraciones de seston observado en un ciclo de marea es tan amplio como las fluctuaciones que se observan a lo largo de todo un año de mediciones. En estuarios la materia inorgánica particulada es por lo general la fracción dominante (del 70 al 80 %) del seston (Oviatt y Nixon, 1975; Berg y Newell, 1986; Fegley *et al.*, 1992)

Se han llevado a cabo detallados estudios para ver el efecto del sedimento en suspensión sobre el crecimiento de moluscos bivalvos. Widdows *et al.* (1979) concluyó que en el mejillón *Mytilus edulis* el único efecto significativo de aumentar la

concentración de sedimento en suspensión es limitar por dilución la cantidad de alimento ingerido. Vahl (1980) encontró que en la escalopa *Chlamys islandica* existe un efecto negativo en las tasas de crecimiento cuando aumenta la concentración de materia inorgánica particulada, ya que su órgano palial no es capaz de seleccionar la materia orgánica particulada en preferencia a la materia inorgánica. Así mismo Bricelj *et al.* (1984) observaron que el sedimento en suspensión genera un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de *Mercenaria mercenaria* a concentraciones mayores de 44 mg L⁻¹, debido a que reduce las tasas de ingestión del alga cuando aumenta la concentración de sedimento. En contraste, Møhlenberg y Kiørboe (1981) encontraron un aumento significativo en el crecimiento de la almeja *Spisula subtruncata* cuando se añadió hasta 25 mg L⁻¹ de sedimento a la dieta del alga *Phaeodactylum tricornutum*, y lo atribuyeron al hecho de que este organismo es capaz de rechazar eficientemente las partículas de sedimento por medio de la generación de pseudoheces. Newell y Jordan (1983) y Urban y Krichman (1992) observaron que el ostión *C. virginica* es capaz de rechazar selectivamente la kaolinita (material inorgánico de aprox. 1 µm de diámetro) en forma de pseudoheces.

Por otra parte, se ha demostrado de una manera consistente que la temperatura juega un papel predominante en el crecimiento de bivalvos tanto en poblaciones naturales como cultivadas (Grant *et al.*, 1990; Laing *et al.*, 1987; Thompson y Nichols, 1988). El crecimiento en el campo de *O. edulis* ha sido correlacionado con la temperatura (Walne, 1958; Spencer y Gough, 1978; Utting, 1988) y los resultados de Grant *et al.* (1990) demostraron que el crecimiento de *O. edulis* respondió de manera favorable a incrementos de la temperatura del agua aún en períodos tan cortos como el de una semana. Malouf y Breese (1977) observaron

que el crecimiento del ostión *C. gigas* aumentó cuando se incrementó la temperatura, sin embargo, también encontraron que en períodos de baja disponibilidad de alimento el crecimiento se relaciona de manera inversa con la temperatura en un intervalo de 10 a 23 °C.

Cuando se estudia el crecimiento en cultivos o en poblaciones naturales es muy difícil demostrar que existe una relación simple con respecto a la temperatura ya que junto con el incremento de la temperatura existe una mayor disponibilidad de luz que conduce al incremento en el crecimiento del fitoplancton y consecuentemente a una mayor disponibilidad de alimento en el medio. Ruiz *et al.* (1992) al estudiar el efecto de los factores ambientales sobre la producción de gametas y cambios bioquímicos en *C. gigas* observaron que la temperatura se correlaciona estrechamente con la clorofila *a*, y con el índice de madurez y de una manera menos clara con el peso seco del organismo, que es indicador de crecimiento.

2.3. Índice de condición.

Las variaciones en la disponibilidad de alimento (tanto en cantidad como en calidad) así como las fluctuaciones en la temperatura a lo largo de un ciclo estacional, necesariamente afectan el desarrollo, metabolismo y por lo tanto la calidad de los organismos expuestos a estas condiciones. Una forma de evaluar este efecto es mediante el uso de índices de condición (IC). Según Lucas y Beninger (1985) el IC sirve para dos propósitos: el primero de tipo económico, para designar la calidad a un producto en el mercado; el segundo es de tipo ecofisiológico, para caracterizar la aparente salud de un cultivo ya que resume el estado fisiológico del organismo bajo condiciones ambientales dadas. Varios índices de condición han sido propuestos.(ver

Lucas y Beninger, 1985, para una revisión). Sin embargo, el mas ampliamente usado es el generado por A. E. Hopkins (Higgins, 1938). Este índice es una relación del peso seco de la carne al volumen de la cavidad interna de la concha, por lo tanto va a ser un indicador de que tan eficientemente puede un ostión utilizar el volumen disponible para crecimiento del tejido.

Rainer y Mann (1992) compararon tres diferentes métodos para calcular el índice de condición (IC), dos de ellos expresan la condición como una relación del peso seco del tejido y volumen de la cavidad interna de la concha; pero difieren en el método de estimar el volumen de la cavidad interna. El tercer método expresa la condición como una relación del peso seco del tejido y el peso seco de la concha. Ellos concluyeron que los índice basados en la estimación de la cavidad interna de la concha reflejan con precisión el estado bioquímico y de salud del ostión *C. virginica* dentro de una talla de 36 a 96 mm de longitud, en cambio el índice que utiliza la relación peso seco de tejido y peso seco de la concha no reflejó con exactitud el estado nutricional del ostión y lo atribuyeron al hecho de que en ostiones el crecimiento en concha no esta acoplado al crecimiento en tejido.

Crosby y Gale (1990) realizaron una revisión de los métodos para estimar el volumen de la cavidad interna de la concha en moluscos bivalvos: a) el método volumétrico, consiste en evaluar la diferencia entre el volumen de agua que desplaza el ostión vivo menos el volumen desplazado por la concha, y b) el método gravimétrico se calcula mediante la diferencia entre el peso del ostión vivo menos el peso de la concha seca. Los autores concluyeron que el mejor estimador del índice de condición fué el método gravimétrico ya que el coeficiente de variación del método volumétrico fué aproximadamente 25 % mas grande que cuando se utiliza el método gravimétrico.

Westley (1967) desarrolló una escala para el índice de condición obtenido mediante el método volumétrico; índices menores de 60 indican condición mala; entre 60 - 80 condición regular y los ostiones que tengan un valor mayores de 80 son de buena calidad. Este mismo autor evaluó una población de *C. gigas* del estado de Washington, E.U.A. donde encuentra índices de condición que van de 48 a 153. Por otra parte Nascimento y Andrade-Pereira (1980) al evaluar el índice de condición en el ostión *Crassostrea rhizophorae* encontraron valores entre 72 a 61 en ostiones cosechados de septiembre a octubre y valores de 44 a 32 en ostiones de diciembre y enero. En ambos periodos los índices mas altos correspondieron a ostiones de tallas pequeñas (2 a 4 cm de largo) y los índices mas bajos a ostiones de tallas grandes (8.1 a 10.0 cm). Askew (1972) al evaluar el índice de condición (mediante el método gravimétrico) en el ostión *C. gigas*, en dos sitios diferentes a lo largo de un ciclo anual encontró que en ambos sitios el índice aumentó de aprox. 60 durante primavera a un máximo de aprox. 120 durante julio, seguido por una disminución asociada con el desove de los organismos. Durante los meses de invierno no se observaron cambios, manteniendo un índice de condición de aprox. 70.

El rápido crecimiento y adaptabilidad a un amplio rango de ambientes a permitido que *C. gigas* sea un candidato ideal para el maricultivo. Esta especie es originaria del Japón, fue introducida a las aguas del estado de Washington en 1902 (Korringa, 1976). A pesar de su alta adaptabilidad el cultivo de esta especie a nivel comercial ha fracasado en zonas tropicales tales como Tahiti, Tonga, Fiji y Nueva Caledonia, en donde el único factor común es la alta temperatura, cercana a los 30 °C lo que provoca que el crecimiento sea muy lento (Bourne, 1979). El método mas primitivo para cultivo de ostión consiste en esparcir conchas limpias sobre el fondo de

una zona susceptible de que ocurran desoves masivos de organismos adultos. Posteriormente este método se perfeccionó utilizando rocas, ramas y otros objetos de tamaño tal que pudieran moverse fácilmente de un lugar a otro (Bardach, *et al.*, 1972). En el Japón, donde el ostricultivo ha llegado a los mayores rendimientos, los métodos mas utilizados actualmente son: cría en varas, siembra directa sobre el fondo, balsas, estantes y columpios. Los dos primeros son los métodos mas primitivos, los demás se conocen como métodos de cultivo en suspensión, además están los métodos de cultivo de ostión suelto mediante el uso de canastas (Koganezawa, 1979).

2.4. Cultivo y desarrollo del ostión en Bahía San Quintín.

Ramos-Amézquita (1987) da una descripción detallada sobre los métodos de cultivo que se utilizan en México y en particular en BSQ, por lo tanto aquí solo se describirán brevemente:

Balsas.- Consiste de una estructura flotante compuesta por dos vigas de madera sobre flotadores y una serie de barrotes de madera transversales de los que cuelgan sartas con ostiones. Este método de cultivo es apropiado para zonas donde el oleaje no es muy fuerte y dependiendo de la profundidad de la zona será la longitud de las sartas, por lo general las balsas se amarran una tras otra, en serie.

Columpios.- Consisten de flotadores y una serie de líneas de cabo transversales a los flotadores de donde cuelgan las sartas, es una modificación de las balsas y son utilizadas en zonas profundas expuestas a condiciones de oleaje severo, ya que presentan poca rigidez y menor resistencia al oleaje y corrientes.

Estantes.- Consiste de varias estructuras a manera de porterías, las cuales se entierran en el fondo y se refuerzan con estacones de madera. Encima se colocan

transversalmente tubos de diámetro pequeño sobre las que se cuelgan las sarta. Se utiliza en las zonas de poca profundidad.

Canastas.- A diferencia de los anteriores donde la unidad de cultivo es la sarta, este método se utiliza para la engorda de semilla de ostión suelta. Consiste en colocar la ostrilla o juveniles del ostión dentro de canastas cuadradas de plástico las cuales se ensamblan una sobre otra formando un módulo. Este es amarrado a las balsas o columpios.

En México el estudio de *C. gigas* inició en BSQ con el desarrollo de cultivos a nivel experimental realizados sobre balsas en la zona del canal de la bahía (Islas-Olivares, 1976; Islas-Olivares *et al.*, 1978). La buena adaptación de esta especie dió como resultado la primera producción comercial en 1979 con 85 toneladas en peso fresco. En la década de los 80's la producción aumentó y en 1987 se obtuvieron 814 toneladas (Polanco *et al.*, 1988). Posteriormente la producción ostrícola disminuyó debido principalmente a la reorganización de los ostricultores de BSQ en pequeñas sociedades mercantiles (García-Esquivel *et al.*, no publicado). Una vez que se estableció el cultivo comercial del ostión en BSQ, Ramos-Amézquita (1987) llevó a cabo un estudio para determinar el método de cultivo mas rentable y concluyó que este va a depender de la batimetría del cuerpo de agua. Así para aguas someras la mejor opción resultó ser el "estante" y para aguas profundas o con canales lo mejor fueron las "líneas múltiples" o columpios. Así mismo, se concluye que debido a su alto costo y bajo rendimiento, las opciones que deberan de considerarse como últimas alternativas son el arte tipo balsa y canasta.

Las conclusiones de Ramos-Amézquita (1987) se basan en la comparación de las tasas de crecimiento, mortalidad y un análisis financiero para cada una de las

artes de cultivo. Las tasas de crecimiento del ostión según el tipo de arte no muestra diferencias significativas y la talla mínima comercial se alcanza casi al mismo tiempo en todas las artes de cultivo comparadas. Los resultados de mortalidad asociada a cada una de las artes de cultivo, mostraron que sí existen diferencias. Las artes que utilizan sartas presentaron una mortalidad mayor que el arte tipo canasta (un promedio de 48 % en sartas contra el 9 % de mortalidad en canastas). En el aspecto financiero concluyó que el arte tipo canasta es el que requiere de mayor cantidad de mano de obra. Así mismo se muestra que el "estante" es el arte que obtiene mayor cantidad de ingresos para la empresa por cada uno de los empleos generados y por su parte la "balsa" obtiene la cantidad mas baja. La principal desventaja de este estudio es que no trabajó con réplicas, por lo tanto cabe la posibilidad de que los resultados obtenidos no sean completamente representativos del comportamiento del ostión en BSQ.

Son muy escasos los antecedentes que se tienen sobre eficiencias de fijación de ostión en piletas comerciales. Jones y Jones (1983) en una encuesta llevada a cabo en 10 empresas dedicadas al cultivo comercial del ostión *C. gigas* en el noroeste de E.U.A. encuentra que en promedio solo se fijan de 15 a 20 post-larvas por concha en piletas comerciales cuando se mantienen a una temperatura entre 20 a 27 °C, y que además es muy común encontrar una fijación muy heterogénea. En BSQ la fijación de la larva pediveliger se lleva a cabo sobre conchas de almeja voladora y de ostión colocadas dentro de una bolsa de malla o en sartas (conchas atadas en serie a un cabo de polipropileno). Dicho sustrato se deposita en piletas donde posteriormente se añade la larva lista para fijarse, pero hasta el momento no se cuentan con datos disponibles sobre la densidad de fijación obtenida en conchas.

Uno de los primeros trabajos sobre el crecimiento de *C. gigas* es el trabajo de Jaime-Silva (1974) que se llevó a cabo en el Estero de Punta Banda en donde encuentra que el mayor índice de mortalidad se dio durante los primeros 61 días (60 al 30 %), ocurriendo mas mortalidad en las sartas con mayor densidad. En este estudio se observó que la mayor mortalidad ocurre cuando se fijan mas de 20 post-larvas por concha.

En BSQ se han llevado a cabo varios estudios sobre aspectos básicos de su biología y ciclos de reproducción. En este sentido cabe destacar el de Acosta-Ruiz (1985), quien evaluó el crecimiento, índice de condición y contenido calórico del tejido del ostión *C. gigas* en tres estaciones dentro de la BSQ y otra en la Isla San Martín, B.C. Dos de las estaciones se ubicaron dentro del brazo Bahía Falsa (BF); una en el extremo interior de BF y la otra en el canal de BF. En este estudio se encontraron marcadas diferencias en la tasa de crecimiento diario entre localidades (0.29 mm día^{-1} en el extremo interno de BF y 0.48 en el canal de BF). Por otra parte los índices de condición mas altos correspondieron a los ostiones pequeños y a los adultos con etapa avanzada de madurez gonadal. En este sentido Paniagua-Chávez y Acosta-Ruiz (1995) encuentran que *C. gigas* muestra un ciclo reproductivo anual, los desoves son principalmente del tipo parcial, de julio a octubre en la region de la boca de la bahía y de julio a septiembre en la parte interna de BSQ.

Posteriormente, Terrazas-Gaxiola (1986) comparó el crecimiento e índice de condición en el ostión *C. gigas* que se sembró en siete fechas diferentes, abarcando todo un ciclo anual en un sitio cerca de la boca (La Boca) y sobre el canal del brazo Bahía Falsa (Mina Vieja). Se encontró que las mayores tasas de crecimiento en Mina Vieja en ostiones sembrados en primavera (0.42 mm día^{-1}) y verano (0.30 mm día^{-1})

en cambio en La Boca las mayores tasas de crecimiento se observan en los ostiones sembrados en noviembre (0.26 mm día^{-1}) y enero (0.23 mm día^{-1}). Se observó también que el índice de condición fué mayor en La Boca (máximo 156 en julio y mínimo 58 en diciembre) que en Mina Vieja (máximo 98 en mayo y mínimo de 45 en octubre). En este caso el índice de condición se calculó mediante la medición de la cavidad interna de la concha por el método volumétrico.

2.5. Variables ambientales en Bahía San Quintín.

Varios estudios han confirmado que BSQ es un cuerpo de agua fértil. Lara-Lara y Alvarez-Borrego (1975) calcularon la producción orgánica primaria a partir de valores promedio de todas las estaciones y encontraron que presenta un máximo en verano ($0.94 \text{ gC m}^{-3} \text{ día}^{-1}$) y un mínimo a finales de otoño ($0.24 \text{ gC m}^{-3} \text{ día}^{-1}$), luego empieza a restablecerse en invierno y continúa incrementándose la producción a principios de primavera. La concentración de clorofila *a* durante todo el ciclo anual es siempre mayor en la región de la boca de la bahía y disminuye hacia los extremos internos (en el muestreo de julio la máxima concentración fué de 8.6 mg m^{-3} cerca de la boca y en el interior de BF varió entre 1 y 5 mg m^{-3}). Millan-Núñez *et al.* (1982) en una serie de tiempo encontraron que la abundancia de fitoplancton en BSQ disminuyó de la boca de la bahía hacia los extremos internos. En los extremos la abundancia (máximo $2.5 \times 10^6 \text{ células ml}^{-1}$) fue de un orden de magnitud menor que en la boca (de $5 \text{ a } 15 \times 10^6 \text{ cel ml}^{-1}$) y estos resultados se asociaron a la mayor turbidez del agua en el interior de la bahía.

Por otra parte Alvarez-Borrego y Alvarez-Borrego (1982) generaron series de tiempo de temperatura en la boca y en los extremos internos de BSQ, encontrando

que la temperatura aumenta de la boca hacia el interior, excepto durante algunos períodos de invierno cuando el gradiente se invierte. En el extremo mas interno de BF la temperatura máxima fue de 25.3 °C y la mínima de 13.3 °C (promedio anual de 18.4 °C), en cambio en la boca de la bahía la temperatura máxima fue de 21.5 °C y la mínima de 11.0 °C (promedio anual de 15.2 °C). Destacan además que por el comportamiento de la temperatura en la boca de BSQ es evidente una serie de surgencias durante primavera y verano. Según los autores, estas surgencias contribuyen a incrementar la productividad primaria dentro de la bahía.

Es interesante notar que se han realizado estudios detallados sobre el desarrollo y calidad del ostión en BSQ, sin embargo, hasta ahora los antecedentes que existen sobre el crecimiento del ostión en BSQ se han realizado en sistemas experimentales distintos a los que utilizan los ostricultores (Acosta-Ruiz, 1985; Terrazas-Gaxiola, 1986). Los que han seguido el desarrollo en sistemas comerciales carecen de datos en la etapa de fijación y pre-engorda, aunado a la falta de réplicas (Ramos-Amézquita, 1987). Por lo tanto el principal propósito de este trabajo es evaluar el desarrollo del ostión desde su etapa pediveliger hasta ostión adulto en los cultivos comerciales de BSQ con el fin de tener un mayor conocimiento de la especie y evidencias reales de los problemas que afectan el proceso de cultivo y así poder generar una base de datos para estimar el potencial ostrícola de la bahía.

3. OBJETIVOS.

GENERAL

Evaluar la eficiencia en rendimiento y calidad de los cultivos de ostión durante el ciclo de producción comercial, en dos localidades de Bahía San Quintín, B.C.

ESPECIFICOS

- Determinar la eficiencia de fijación de larvas pediveligeras del ostión *Crassostrea gigas* en piletas externas, bajo condiciones de cultivo comercial.
- Comparar el efecto de la fijación natural "temprana" y "tardía" sobre la mortalidad de las post-larvas en el campo.
- Comparar el crecimiento, índice de condición y mortalidad durante la fase de engorda del ostión *Crassostrea gigas*, en dos localidades de la bahía concesionadas para cultivo comercial.
- Determinar el efecto de la talla y edad sobre la calidad (proteínas, lípidos, glucógeno y peso seco libre de cenizas) de ostiones adultos.
- Evaluar los cambios temporales de variables fisico-químicas (seston, clorofila, temperatura y tiempo de exposición) en las dos zonas de estudio.

4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1. *Obtención y fijación de larvas.*

Se llevaron a cabo dos experimentos con distintas camadas de larvas fijadoras de *Crassostrea gigas* (listas para fijar) provenientes de un solo laboratorio comercial ubicado en el estado de Oregon, EUA. Las larvas fueron enviadas en forma de concentrado el 20 de abril (Experimento de Primavera) y el 20 de julio de 1995 (Experimento de Verano). Una vez en Ensenada en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.), aproximadamente 36 h después del envío, se tomaron muestras por quintuplicado de las larvas con el fin de determinar su calidad en base a talla; mortalidad; peso húmedo; peso seco y peso libre de cenizas (AFDW, por sus siglas en inglés).

El concentrado de larvas se transportó vía terrestre (aprox. 4 h) a Bahía San Quintín, B.C., donde se llevó a cabo la fijación por parte de los ostricultores en la noche de ese mismo día (Exp. de Primavera) o la mañana siguiente (Exp. de Verano). Antes de poner las larvas a fijar, se registró el peso total de larvas/pileta, volumen de llenado de la pileta y número de arpillas (costales con conchas) dentro del tanque. Cuando se utilizaron sargas para la fijación se contó el número total de estas por cada pileta. La manipulación de la larva y todo el proceso de fijación fue llevado a cabo por los mismos ostricultores con el fin de que los datos fueran representativos de lo que sucede en la práctica comercial. Una vez iniciada la fijación y durante todo el período que permanecieron las larvas en las piletas, se estuvo monitoreando periódicamente la temperatura de la pileta, tiempo de aireación y el número de recambios de agua.

4.2. *Evaluación de la eficiencia de fijación.*

Para la fijación en piletas comerciales se ofreció como sustrato conchas de ostión en dos presentaciones: arpillas (conchas sueltas contenidas en costales) y sartas (cuerda de polipropileno de una longitud total de 1.2 m, con 7 conchas madre espaciadas entre sí). El período total de fijación para el Exp. de Primavera fué de 60 horas, iniciando a las 22:00 pm. En el Exp. de Verano el período total fué de 48 horas, iniciando a las 10:00 am. Para determinar la eficiencia de fijación se realizaron dos tipos de evaluaciones: a) Indirecta (larvas nadadoras en la columna de agua) y b) Directa (post-larva fija al sustrato). Las evaluaciones (directa e indirecta) se realizaron en los tanques de arpillas y de sartas.

4.2.1. Evaluación indirecta (larvas nadadoras).

Para evaluar las larvas nadadoras se tomaron por triplicado muestras de 500 ml de agua, las cuales se pasaron por un tamiz de 170 μ m de luz de malla (diagonal). Las larvas retenidas se guardaron en un tubo Eppendorff para realizar el conteo en el laboratorio con ayuda de un microscopio estereoscópico. La cantidad total de larvas nadadoras en el tanque se estimó por extrapolación del volumen muestreado, y el porcentaje de fijación (% F) se calculó como:

$$\% F = [1 - (N_t/N_o)] * 100$$

donde: N_t y N_o son el número total de larvas nadadoras en el tanque al tiempo t y al inicio del monitoreo, respectivamente.

En el Exp. de Primavera se muestreó un período de 36 horas iniciando a las 7:00 am mientras que en el Exp. de Verano el muestreo inició a las 10:00 am con un total de 45 horas. En ambos experimentos se tomaron muestras de ambos tanques

(arpillas y sartas). Cabe hacer notar que todos los muestreos se realizaron cuando los tanques tuvieron aireación.

4.2.2. Evaluación directa (larvas fijas a la concha).

Al final del período de fijación se tomó una muestra de 21 conchas para el Exp. de Primavera y de 33 conchas para el Exp. de Verano, las muestras fueron representativas de todas las profundidades y zonas del tanque, con el fin de evitar un sesgo en los valores. Estas se lavaron con agua de mar para eliminar la semilla asentada sobre la concha que no está fija y posteriormente se colocaron en una hielera para su transporte y conteo en el laboratorio del I.I.O. en Ensenada. Se evaluó la cantidad total de larvas fijas/concha con ayuda de un microscopio estereoscópico. La cantidad de fijación total se calculó en base al número promedio de organismos fijos por concha al final del período de fijación y extrapolando al número total de conchas en la pileta. Este valor se usó para calcular el porcentaje de larvas fijadas en relación al número de larvas presentes inicialmente en el tanque.

4.3. *Mortalidad.*

4.3.1. Larvas pedivelígeras.

Las larvas pedivelígeras se evaluaron con un colorante vital (rojo neutro) añadido durante 5 horas (García-Esquivel *et al.*, no publ.), las larvas vivas se tiñen de rojo mientras que las muertas no absorben el colorante.

4.3.2. Post-larvas fijadoras tempranas y tardías.

Durante el tiempo de fijación se colocaron entre 15 y 70 conchas cada cierto intervalo de tiempo con el fin de comparar la fijación y la mortalidad diferencial de

post-larvas. Los siguientes períodos fueron evaluados durante el experimento de Primavera: a) de las 0 a 19 horas; b) 19 a 42 horas y c) 42 a 60 horas. Al momento del muestreo las conchas se sacaron del tanque, se enjuagaron para eliminar la post-larva asentada y se contabilizó el número de post-larvas fijas sobre el lado interno de la concha con la ayuda de una lupa. Una vez que se contó la post-larva se elaboraron sartas con estas conchas, se etiquetaron y se colocaron en las balsas de pre-engorda ubicadas en el canal principal del brazo "Bahía Falsa" (Pre-engorda, Fig. 1). El mismo procedimiento se utilizó para las conchas del segundo y tercer período de fijación.

Después de 30 días las conchas se sacaron de las balsas y se registraron por separado las ostrillas fijas tanto en la parte interna como en la externa de la concha. Las sartas se etiquetaron y se colocaron intermezcladas con sartas comerciales en estantes de engorda, cerca de la Boca (Estación 1, Fig. 1). Aproximadamente cada mes se estuvieron revisando las sartas marcadas y evaluando el número de organismos presentes en cada una de las conchas. Al final del experimento (235 días) las sartas se colectaron y se transportaron íntegras al laboratorio del I.I.O., donde se hizo una detallada evaluación del número total de organismos por concha, desprendiendo para esto todos los organismos presentes en las conchas madre.

El porcentaje de mortalidad durante los primeros 30 días se calculó en base al número inicial de organismos fijados en la parte interna de la concha. Posteriormente se consideraron ambas caras de la concha para estimar la mortalidad, tomando como referencia inicial el dato obtenido a los 30 días. El porcentaje de mortalidad acumulada (% M) durante el período de observación se calculó utilizando la siguiente relación:

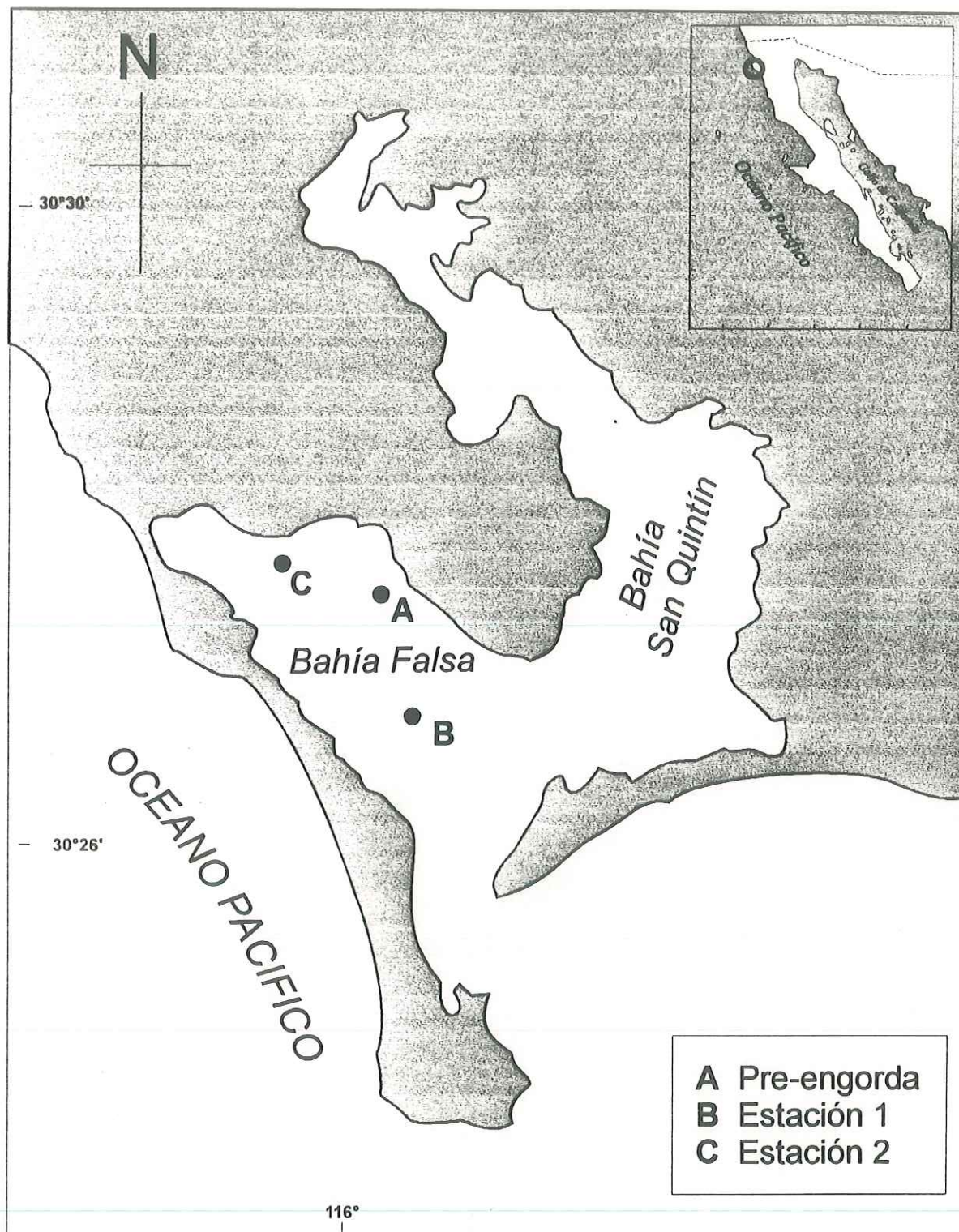


Fig 1. Localización del área de estudio.

$$\% M = [1 - (N_t/N_0)] * 100$$

donde: N_0 y N_t son el número de ostiones presentes al inicio del experimento y al tiempo t , respectivamente.

4.3.3. Efecto de la localidad.

Después de la fase de pre-engorda, en cada uno de los dos experimentos se repartieron 10 sartas de "fijación en arpillras" y otras 10 de "fijación en sartas" entre las zonas de estudio, una de ellas ubicada en la Estación 1 y la otra en la zona de cultivo comercial mas interna de Bahía Falsa (Estación 2, Fig. 1). En total se utilizaron 5 "arpillas" y 5 "sartas" repartidas en 5 estantes por cada estación. Antes de colocar las sartas marcadas ex-profeso para evaluar mortalidad, se contabilizó el total de post-larvas presentes en cada una de las conchas. Con el fin de obtener la mortalidad acumulada durante todo el período de experimentación (fijación-preengorda-engorda), la mortalidad correspondiente a la fecha de inicio de este experimento (día 30 post-fijación) se consideró igual al promedio obtenido en las conchas utilizadas en sección 4.3.2. Al igual que en (secc. 4.3.2), la mortalidad de post-larvas y juveniles se evaluó directamente en cada una de las sartas previamente marcadas, mediante observación directa o con la ayuda de lupa (en el caso de post-larvas). Las conchas vacías o los organismos con valvas abiertas y sin tejido fueron contabilizados como muertos.

4.4. *Calidad del ostión Crassostrea gigas en Bahía Falsa.*

4.4.1. Diseño experimental y muestreos.

Al final del período de fijación las arpillras y sartas experimentales se colocaron durante 30 días en balsas comerciales de pre-engorda, junto con el resto de las arpillras de los ostricultores. Después de la pre-engorda se armaron 60 sartas con las

conchas de las "arpillas" y junto con otras 60 sargas pre-elaboradas (fijación en "sargas") se repartieron en 10 estantes comerciales de engorda localizados en dos localidades del brazo Bahía Falsa. Lo anterior se hizo con el fin de detectar posibles diferencias en la eficiencia de desarrollo de los organismos fijados en ambas modalidades.

En total se utilizaron cinco estantes en la Est. 1 y cinco en la Est. 2, cada estante con 6 sargas de "fijación en arpillas" y otras 6 de "fijación en sargas". Todas las sargas experimentales se intermezclaron con las sargas comerciales existentes en cada uno de los estantes con el fin de eliminar posibles sesgos ambientales. Aproximadamente cada mes y durante 262 días se tomó una sarga (de ambos tipos de fijación) por estante y se llevó al laboratorio del I.I.O en Ensenada, donde inmediatamente se colocaron en un cuarto frío (4 °C) y al siguiente día se procesaron las muestras. En laboratorio, todos los ostiones se desprendieron de la concha madre con desarmador y pinzas, y se enjuagaron con agua de mar para eliminar el exceso de sedimento. Los organismos dañados y/o íntegros se utilizaron para los análisis químicos y evaluación de tallas, mientras que únicamente ostiones íntegros se utilizaron para evaluar el índice de condición.

4.4.2. Evaluaciones.

4.4.2.1. Tallas.

Se utilizó un microscopio compuesto para medir las larvas pedivelígeras y un microscopio esteroescópico para las post-larvas y ostrillas, ambos con una reglilla integrada al ocular. Se midió lo largo y ancho de al menos 30 organismos. Posteriormente cuando los organismos alcanzaron tallas mayores se utilizó un vernier digital, en este caso se midió lo largo, ancho y alto de 15 organismos por sarga.

También se calculó la tasa de crecimiento relativo (TCR) mediante la siguiente ecuación (Malouf y Bricelj, 1989):

$$TCR = [Ln (L_2) - Ln (L_1)] / (t_2 - t_1)$$

donde: L_1 = longitud de la concha inicial

L_2 = longitud de la concha final

$t_2 - t_1$ = período de tiempo (en días)

4.4.2.2. Índice de condición.

El IC se evaluó en organismos mayores de 16 mm de longitud, ya que organismos pequeños fué difícil separarlos íntegros de la concha madre. Como ya se mencionó los ostiones se desprendieron de la concha madre. Por cada sarta se seleccionaron al azar 15 organismos íntegros, los cuales se pesaron vivos y se almacenaron en un congelador a -20 °C para ser disectados posteriormente. La disección consistió en separar todo el tejido de la concha. Esta última se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 h y luego se pesó, mientras que el tejido se secó dentro de una estufa de convección (105 °C por 24 h) y se pesó en una balanza Mettler (± 0.1 mg). El IC se calculó utilizando la siguiente fórmula (Crosby y Gale, 1990):

$$IC = [\text{Peso seco del tejido (g)} \times 1000] / [\text{Capacidad de la cavidad interna de la concha}]$$

Donde la capacidad de la cavidad interna de la concha (g) es la diferencia entre el peso del organismo vivo y el peso seco de la concha.

4.4.2.3. Peso seco del tejido y peso libre de cenizas.

Al llegar a Ensenada, la pasta de larvas pedivelígeras fué muestreada inmediatamente por quintuplicado, depositando aproximadamente 30 mg de larvas previamente contadas en navecillas de aluminio pre-calcinadas y pesadas. Estas se enjuagaron con agua destilada para eliminar sales y después se secaron en una estufa a 60 °C por 24 h. Posteriormente se pesaron en una balanza microanalítica Perkin-Elmer (mod. AD-2Z, ± 0.001 mg) y se calcinaron a 450 °C durante 24 h, tiempo después del cual se determinó el peso de las cenizas. El peso libre de cenizas (tejido seco) se calculó por diferencia entre el peso seco (concha y tejido) y el peso de las cenizas (concha). Para evaluar el peso del tejido seco en ostrillas y juveniles se disectó el organismo, el tejido se secó a 105 °C durante 24 h y luego se pesó.

4.4.2.4. Composición química.

Con el fin de determinar si la composición química de ostiones adultos es dependiente de la edad y/o el tamaño del organismo, se realizó un análisis químico de los ostiones correspondientes a tres tallas y tres edades distintas (ver muestras específicas en Tabla IV de Resultados). Las muestras previamente congeladas a -20 °C consistieron de 6 organismos íntegros por cada sarta (réplicas). Los organismos se disectaron y el tejido resultante se combinó en un solo "pool" dentro de un tubo de 15 ml, el cual se congeló y posteriormente se liofilizó durante 72 h. El tejido liofilizado se trituró con la ayuda de un mortero y se almacenó en seco a -20 °C para los análisis proximales. Una fracción del tejido triturado se calcinó a 450 °C durante 24 h con el fin de estimar el porcentaje de ceniza. Se cuantificaron un total de tres a cinco sartas para cada edad o talla.

Las proteínas se determinaron mediante la evaluación del contenido de nitrógeno total con el método microKjeldahl (A.O.A.C., 1990); la extracción de lípidos totales se hizo de acuerdo a Bilgh y Dyer (1959) seguido por cuantificación gravimétrica; el glucógeno se cuantificó enzimáticamente después de aislar el glucógeno e hidrolizar a glucosa con ácido diluido (Pfleiderer, 1983). Con excepción de los lípidos, para cada una de las réplicas se llevaron a cabo ensayos por duplicado.

4.5. Variables físico-químicas.

4.5.1. Campo.

Entre julio de 1995 a abril de 1996 se realizaron evaluaciones mensuales de clorofila y seston en las Estaciones 1 y 2 a partir de muestras de agua colectadas (por triplicado) a dos profundidades. Además se colocaron dos termógrafos (modelo I.I.O. y Ryan) uno en cada estación, durante los meses de julio y agosto de 1995 para un registro continuo de temperatura. Por otra parte el 10 de mayo y el 9 de septiembre de 1995 se realizaron perfiles verticales para determinar la variación de salinidad, concentración de oxígeno y pH en cada estación. Con los datos de profundidad obtenidos durante los muestreos de perfiles verticales (mayo y septiembre de 1995), y con ayuda de la tabla de mareas correspondientes a BSQ se realizó un cálculo para determinar el tiempo de emersión de los ostiones durante marea baja. Con el fin de uniformizar criterios, para esto último solo se consideró la exposición al aire de la mitad superior del estante (aprox. 60 cm encima del fondo).

Las muestras de clorofila y seston se colectaron utilizando un muestreador consistente en un tubo de PVC de 1.5" de diámetro (3.5 m de largo) al cual se le fijó un disco plano (28 cm de diámetro) en la parte inferior, con el fin de marcar el límite

sedimento-agua. La colecta de muestras se hizo a través de mangueras previamente fijadas al tubo con cinta adhesiva, a una distancia de 11.5 y 65 cm por encima del disco. En cada muestreo el tubo de PVC se insertó en el sedimento hasta que el disco tocaba fondo y se dejaron transcurrir entre 15 y 20 minutos antes de tomar la primera muestra (Fig. 2).

Las muestras de agua fueron tomadas simultáneamente a través de las mangueras, en las cuales se colocó un trozo de malla Nitex de 20 μm de luz de malla (diagonal) para remover partículas grandes. Las muestras de agua fueron succionadas por una bomba de vacío manual (presión < 20 mm de Hg) y colectadas directamente en botellas de plástico de 250 ml, las cuales inmediatamente se colocaron en una hielera y se cubrieron con hielo. Las botellas se transportaron al laboratorio del I.I.O. en Ensenada, donde se procesaron. Todo este procedimiento en

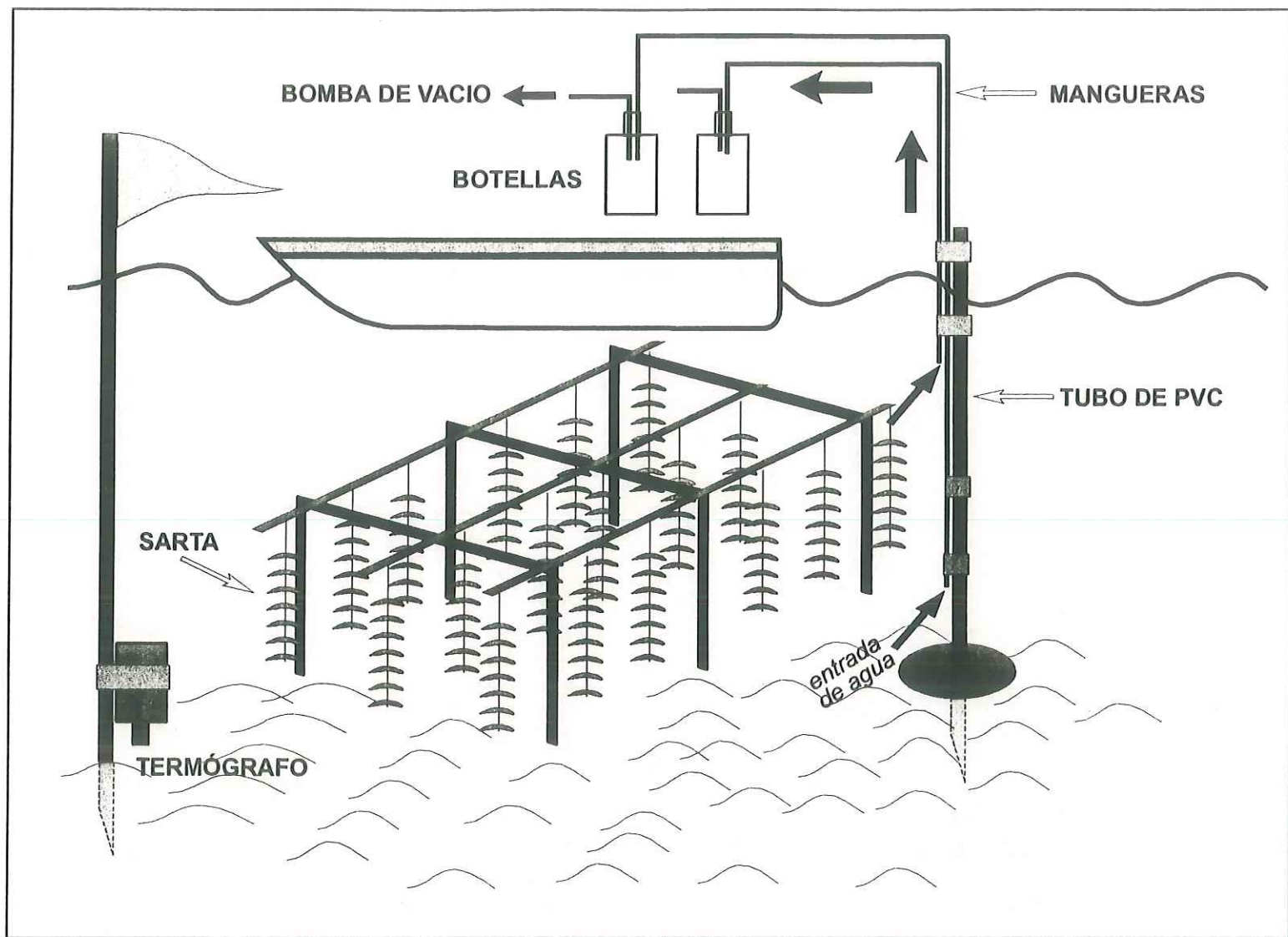


Fig. 2. Diagrama esquemático de la toma de muestras de agua para cuantificación de clorofila y seston, a dos profundidades. La ubicación del termógrafo y las sarta con ostión están indicados. Nota: la figura no esta a escala.

la mayoría de los casos duró un tiempo aproximado de 8 horas. Todas las botellas se transportaron ese mismo día al laboratorio dentro de hieleras.

4.5.2. Laboratorio.

Para el análisis de clorofila se filtró un volumen de 100 ml de cada muestra a través de filtros de fibra de vidrio (GF/F). Los filtros se congelaron en oscuridad (a -10 °C) durante toda la noche y la extracción de los pigmentos se realizó al día siguiente en acetona al 90 % (a 4 °C durante 20 h), seguido inmediatamente por cuantificación mediante el método fluorimétrico descrito por Holm-Hansen *et al.* (1965) en un fluorímetro marca Turner 112 y utilizando una curva de calibración con clorofila *a* de *Anacystis nidulans* (Sigma No. C-6144).

Para el análisis de seston se filtraron 200 ml de agua (filtros GF/F previamente lavados, calcinados y pesados) seguido por un enjuague con formato de amonio isotónico para eliminar sales. Los filtros con la muestra se secaron en una estufa a 90 °C durante 20 h, se pesaron en una balanza micro-analítica (Perkin-Elmer, mod. AD-2Z, ± 0.001 mg) y por diferencia de pesos se calculó la cantidad de seston total (McCave, 1979). Posteriormente este mismo filtro se calcinó en una mufla a 450 °C durante dos horas para calcular la cantidad total de seston orgánico, por diferencia entre el peso seco y calcinado.

4.6. *Análisis estadístico*

En todos los casos se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar la normalidad de las muestras, seguida por la prueba de Bartlett de homogeneidad de

varianzas. Cuando se violaron conjuntamente las suposiciones de normalidad y homoscedasticidad (o la última), se utilizó estadística no paramétrica.

La calidad inicial de las larvas utilizadas en los experimentos de Primavera y Verano (mortalidad, tallas, pesos) se compararon entre sí mediante pruebas t de Student (paramétrica) o de Mann-Whitney (no paramétrica). Al final del período de fijación se comparó el porcentaje de larvas adheridas a las conchas en cada tanque (método directo e indirecto) mediante análisis de varianza (ANOVA) de dos vías sin replicación ($2 \times 2 \times 1$), teniendo como factores de prueba el tipo de presentación de sustrato (arpilla y sarta) y la época del año en que se corrió el experimento (primavera y verano). En estos casos se supuso la ausencia de interacción entre factores.

Debido a que la mortalidad de semillas y juveniles de ostión se computó acumulativamente, las comparaciones de esta variable se limitaron a 2 momentos, con el fin de evitar posibles efectos de no linealidad de los datos: al final del período de preengorda y al final del experimento. En esos puntos se realizó una prueba de Kruskal-Wallis para determinar el efecto del período de fijación (primero, segundo y tercer día de fijación) sobre la mortalidad juvenil de los ostiones sembrados en Primavera. También se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial de 3 vías ($2 \times 2 \times 2 \times n$) para comparar el efecto de la época de siembra (Primavera y Verano), localidad (Est. 1 y 2) y tipo de presentación del sustrato (arpillas y sartas) sobre la mortalidad del ostión juvenil-adulto al final de los experimentos.

El efecto del tipo de presentación de sustrato sobre el crecimiento en concha se cuantificó mediante comparación de pendientes (mm día^{-1}), una vez que se llevaron a cabo regresiones lineales de tiempo contra talla para cada localidad. Primero se compararon las pendientes y elevaciones de las líneas de ajuste correspondientes a sartas y arpillas en cada localidad. Debido a que no se

encontraron diferencias con respecto al tipo de sustrato, se obtuvieron ecuaciones de regresión común (Zar, 1984) y posteriormente se realizó una prueba de comparación múltiple de pendientes (Prueba de Tukey *a posteriori*), para comparar la tasa de crecimiento entre localidades y épocas de siembra. Esto último también se aplicó para comparar el crecimiento en tejido, previa transformación de los datos crudos mediante $\ln(1 + \text{peso en gramos})$. La TCR no se comparó estadísticamente debido a la falta de réplicas, ya que su valor se computó en base a la ecuación dada en la sección 4.4.2.1.

Los datos de IC no cumplieron con las condiciones de normalidad y homoscedasticidad, además de que el tiempo de muestreo estuvo desfasado (factor aleatorio) entre un experimento y otro. Por lo anterior, se llevaron a cabo pruebas no paramétricas para comparación de dos muestras (Mann-Whitney), con el fin de detectar el efecto de la localidad o la época de siembra sobre el IC. Las variaciones en función del tiempo no se compararon estadísticamente por ser claramente obvias las diferencias en esta variable.

Con excepción de las comparaciones de pendientes (Zar, 1984), el resto de las pruebas estadísticas se llevaron a cabo utilizando el programa estadístico SIGMA-STAT, instalado en una computadora personal. Todas las pruebas estadísticas se corrieron utilizando un nivel de significancia (α) ≤ 0.05 .

5. RESULTADOS.

5.1. *Calidad de larvas y fijación en piletas comerciales.*

La longitud inicial de las larvas utilizadas en los experimentos de Primavera y Verano ($Md = 322$ y $327 \mu m$, respectivamente) no fueron significativamente diferentes entre sí (Mann-Whitney, $T = 871$, $n_1 = 30$; $n_2 = 30$, $p > 0.05$), pero el ancho de las conchas (Tabla I) fué significativamente mayor en primavera que en verano (t-Student = 3.53, g.l. = 58; $p < 0.001$). El peso seco también fué significativamente mayor en las larvas de primavera ($Md = 6.6 \mu g \text{ org}^{-1}$) que las de verano ($Md = 5.5 \mu g \text{ org}^{-1}$) ($T = 57$, $n_1 = 6$, $n_2 = 6$, $p < 0.01$), aunque no se detectaron diferencias significativas en el peso libre de cenizas entre ambas camadas ($\bar{X} = 2.2$ y $2.1 \mu g \text{ org}^{-1}$ respectivamente). No se observaron larvas pedivelígeras muertas en primavera, pero en el verano la mortalidad inicial fué de 2.2 %. (Tabla I).

5.1.1. Evaluación indirecta de la fijación.

La eficiencia de fijación no fué significativamente distinta entre los tanques conteniendo arpillas o sartas (ANOVA 2 vías sin replicación, $F = 1.0$; g.l. = 1, 1; $p = 0.5$) o entre las épocas de experimentación ($F = 3.5$, g.l. = 1, 1; $p = 0.31$). En Primavera se estimó un 80% de fijación aparente en el tanque con arpillas después de 9 horas y un 64% en el tanque con sartas. Al final del período de monitoreo se estimó un 94 % de fijación en arpillas y un 81 % en sartas (Fig. 3 a,b). En el Exp. de Verano la fijación aparente se mantuvo alrededor del 88 % (arpillas) y 86 % (sartas) durante las primeras 10 horas, acercándose a un 100 % al final (Fig 3 c,d). Por otro lado los

Tabla I. Calidad de larvas pedivelígeras del ostión *Crassostrea gigas*, utilizadas para fijación en piletas comerciales en Bahía San Quintín, B.C. El Experimento de Primavera inició en abril de 1995 y el Experimento de Verano en julio de 1995. $\bar{X}$ indica valor promedio. Md indica mediana. El valor después del signo ($\pm$) indica el error estándar de los promedios. El intervalo de confianza al 95 % está indicado para las medianas (I.C._{inf.} y I.C._{sup.} = límites inferior y superior del intervalo de confianza, respectivamente).

	EXPERIMENTO DE PRIMAVERA	EXPERIMENTO DE VERANO	
Mortalidad inicial (%)	$\bar{X} = 0.0$	$\bar{X} = 2.3 (\pm 0.22)$	***, a
Largo (μm)	Md = 321.8 I.C. _{inf.} = 316.8 I.C. _{sup.} = 326.7	Md = 326.7 I.C. _{inf.} = 316.8 I.C. _{sup.} = 326.7	ns, b
Ancho (μm)	$\bar{X} = 297.6 (\pm 2.7)$	$\bar{X} = 290.2 (\pm 2.7)$	***, a
Peso seco org ⁻¹ (μg)	Md = 6.60 I.C. _{inf.} = 6.1 I.C. _{sup.} = 7.0	Md = 5.54 I.C. _{inf.} = 5.4 I.C. _{sup.} = 5.7	***, b
Peso libre de cenizas org ⁻¹ (μg)	$\bar{X} = 2.195 (\pm .06)$	$\bar{X} = 2.143 (\pm 0.04)$	ns, a

ns: $p > 0.05$

*: $p < 0.05$

***: $p < 0.01$

***: $p < 0.001$

a: prueba t

b: prueba de Mann-Whitney

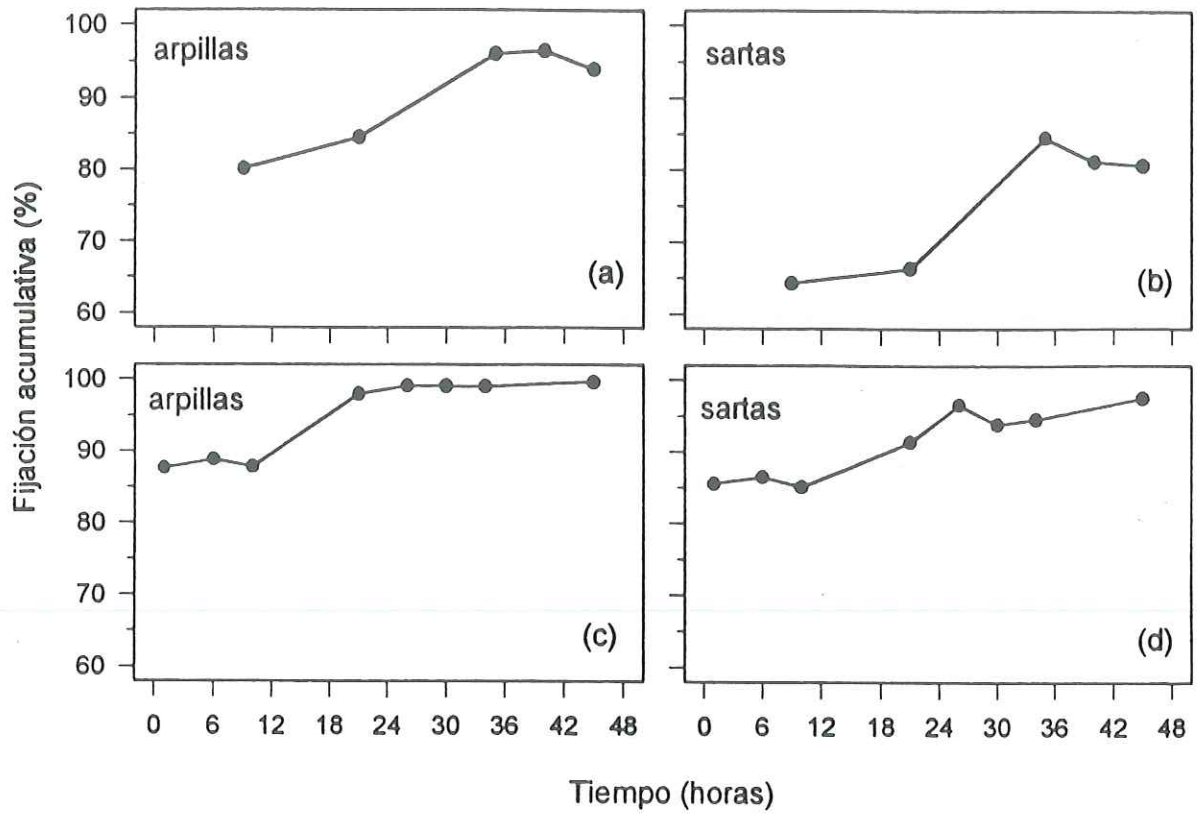


Fig. 3.- Cambios temporales en el porcentaje de fijación promedio del ostión *Crassostrea gigas*, evaluado mediante el conteo de larvas nadadoras en piletas de fijación comercial de Bahía San Quintín, B.C, para los experimentos de primavera (a, b) y verano (c, d). Las líneas verticales indican el error estándar.

tanques de fijación en el Exp. de primavera permanecieron con aire durante el 67 % del tiempo, y en el Exp. de Verano durante 80 % del tiempo.

5.1.2. Evaluación directa de la fijación.

Un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, sin replicación, indicó que la fijación de ostrillas no fué significativamente distinta entre los tanques conteniendo arpillas o sartas ($F = 0.12$, g.l. = 1, 1; $p = 0.79$). Tampoco se detectaron diferencias entre la fijación de Primavera y Verano ($F = 0.0006$, g.l. = 1, 1; $p = 0.98$). No obstante, la potencia de prueba en ambos casos resultó muy baja (0.09), por lo que dichos resultados deben tomarse con reserva. En el Exp. de Primavera la fijación de post-larvas fué aparentemente mayor en el tanque con arpillas (27 %) que en el de sartas (14 %), mientras que en el Exp. de Verano ocurrió lo contrario, la fijación en sartas (24 %) fue mayor que en arpillas (18 %). El tiempo de fijación fué de 59 horas para el Exp. de Primavera y de 48 para el Exp. de Verano (Tabla II). La temperatura promedio en los tanques de fijación para el Exp. de Primavera fué de 19 °C para ambos tanques, mientras que para el Exp. de Verano fué de 20.5 °C en el tanque con sartas y de 22.0 °C en el tanque de arpillas.

La proporción de post-larva fija a la concha madre fué muy variable en ambos experimentos, con densidades de 0 hasta casi las 400 post-larvas/concha y un sesgo claro hacia los valores bajos. Como regla general se detectó que independientemente de la forma de presentación del sustrato (arpillas o sartas), mas del 65 % de las conchas madre presentes en las piletas de fijación mostraron densidades entre 0 y 30 larvas/concha (Fig. 4 b-d), con excepción del tanque con arpillas del Exp. de

Tabla II. Porcentaje promedio de fijación de larvas pedivelígeras del ostión *C. gigas* en tanques comerciales. La evaluación se hizo mediante el conteo directo de organismos adheridos a la concha madre. El valor después del signo ($\pm$) indica error estandar; N = número de conchas madre que se analizaron al final del período de fijación.

	EXPERIMENTO DE PRIMAVERA		EXPERIMENTO DE VERANO	
	Arpillas	Sartas	Arpillas	Sartas
Técnica de fijación				
No. de Arpillas	153		75	
No. de Sartas		10,000		10,000
No. de Conchas	63,600	70,000	30,000	70,000
Larvas/tanque	260.5 g	266.5 g	120.0 g	268.4 g
No. de larvas/tanque	10,854,000	11,104,000	5,000,000	11,183,000
Larva fija/concha	46.5 $\pm$ 7.44	22.8 $\pm$ 3.76	29.9 $\pm$ 4.47	38.6 $\pm$ 8.53
N	21	21	33	32
Tiempo de fijación	59 horas	59 horas	48 horas	48 horas
% de Fijación	27.3 % $\pm$ 4.4	14.4 % $\pm$ 2.4	17.9 % $\pm$ 2.7	24.2 % $\pm$ 5.3

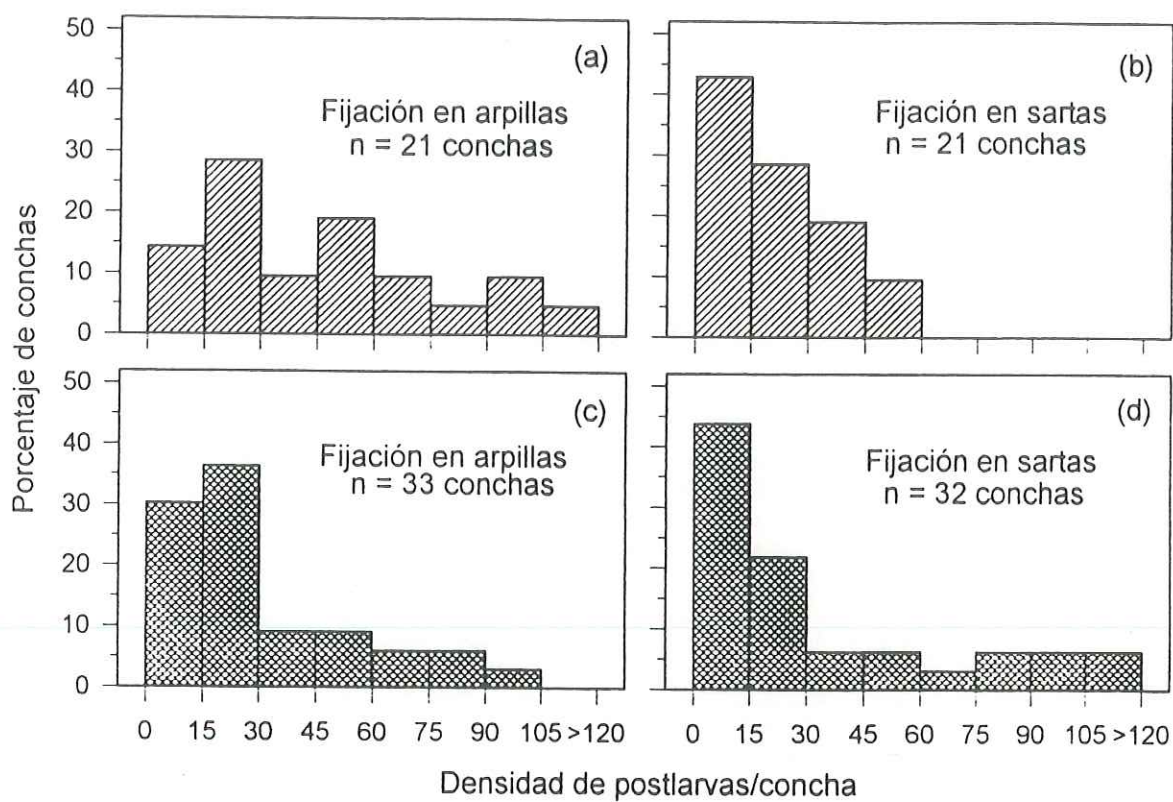


Fig. 4.- Distribución de frecuencias de la densidad de postlarvas de *Crassostrea gigas* por concha madre, para los experimentos de primavera (a, b) y verano (c, d). La n indica el número de conchas que se evaluaron en cada caso.

Primavera (Fig. 4 a). Se observó que entre el 30 y 44 % de las conchas mostraron densidades igual o menor de 15 post-larvas/concha.

5.2. *Mortalidad.*

5.2.1. Larvas fijadoras tempranas y tardías.

La mayor mortalidad de post-larvas se observó durante los primeros 70 días, con valores por encima del 70 % de mortalidad acumulada. Los primeros 30 días después de la fijación, las post-larvas estuvieron en pre-engorda y continuamente sumergidos dentro del canal de Bahía Falsa (Fig. 1. Pre-engorda) y posteriormente fueron transferidas a la zona de engorda en la Estación 1. En la fase de preengorda no se observaron diferencias significativas en la mortalidad de postlarvas fijadoras tempranas y tardías (Kruskal-Wallis, $H = 1.6$, g.l. = 2, $p > 0.05$). La mortalidad posterior a los 70 días fué mínima en todos los casos, aun cuando a partir de esa fecha comenzaron a notarse las diferencias entre larvas tempranas y tardías (Fig. 5). Al final del período de observación (240 días) la mortalidad del ostión fué significativamente mayor (Kruskal-Wallis, $H = 8.34$, g.l. = 2, $p < 0.05$) en organismos fijados entre las 19 a 42 horas (Md = 100 %), seguidos por los fijados entre 0 y 19 Hrs. (Md = 88 %) y entre 42 y 60 Hrs. (Md = 86 %).

5.2.2. Mortalidad en dos localidades de Bahía Falsa.

El patrón general de mortalidad durante el desarrollo del ostión fijado en arpillas y sartas fué el mismo que se describió arriba, con alta mortalidad durante la

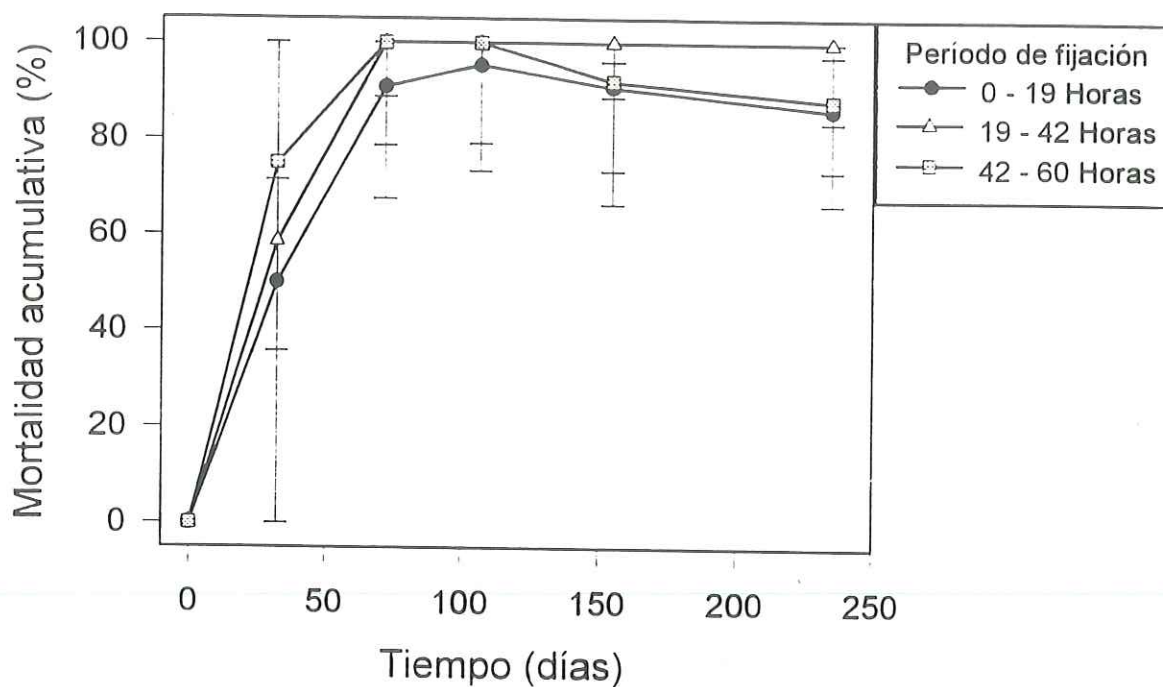


Fig. 5.- Mortalidad acumulativa del ostión *Crassostrea gigas*, desde la etapa de postlarva hasta juvenil-adulto. Cada una de las curvas corresponde al período de fijación indicado en la leyenda, para el experimento de primavera. Las líneas verticales indican el error estándar.

pre-engorda de Primavera (49.5 %) y Verano (63.4 %). Un ANOVA factorial de tres vías corrido al final del experimento indicó que la época de siembra afectó significativamente la mortalidad del ostión ($F = 10.49$, g.l. = 2, 27; $p < 0.01$), siendo esta significativamente mayor en los ostiones sembrados en Primavera que en los de Verano. Asimismo, los ostiones de la Est. 1 mostraron mayor mortalidad que los de la Est. 2 ($F = 3.97$, g.l. = 2, 27; $p < 0.05$), pero no se encontraron diferencias significativas entre la mortalidad de ostiones fijados en sartas o arpillas ($F = 2.08$; g.l. = 27; $p > 0.05$). Se detectó una interacción significativa entre la época de siembra y la localidad de engorda ($F = 21.13$; g.l. = 27; $p < 0.001$), indicando que para la siembra de Primavera la mortalidad fué mayor en la Est. 1 que en la Est. 2, mientras que en la siembra de Verano el patrón se invirtió (Fig. 6 a-d).

5.3. *Calidad del ostión durante el ciclo de engorda.*

5.3.1. Crecimiento en concha.

Debido a que el comportamiento de mortalidad en ostiones fijados en arpillas (conchas individuales) y sartas fué el mismo, se decidió probar si el crecimiento siguió el mismo patrón entre ostiones de arpillas y de sartas. Una comparación de las líneas de regresión de talla vs. tiempo indicó que no existen diferencias significativas entre las pendientes o elevaciones de las líneas de ajuste obtenidas para cada experimento, dentro de una misma localidad (Primavera, Fig. 7 a,b, Tabla III; Verano, Fig. 7 c,d Tabla III). Debido a lo anterior, se obtuvo una ecuación de regresión común para sartas y arpillas (Zar, 1984) y se procedió a comparar las pendientes obtenidas para cada localidad y época de siembra. La prueba de Tukey para comparación

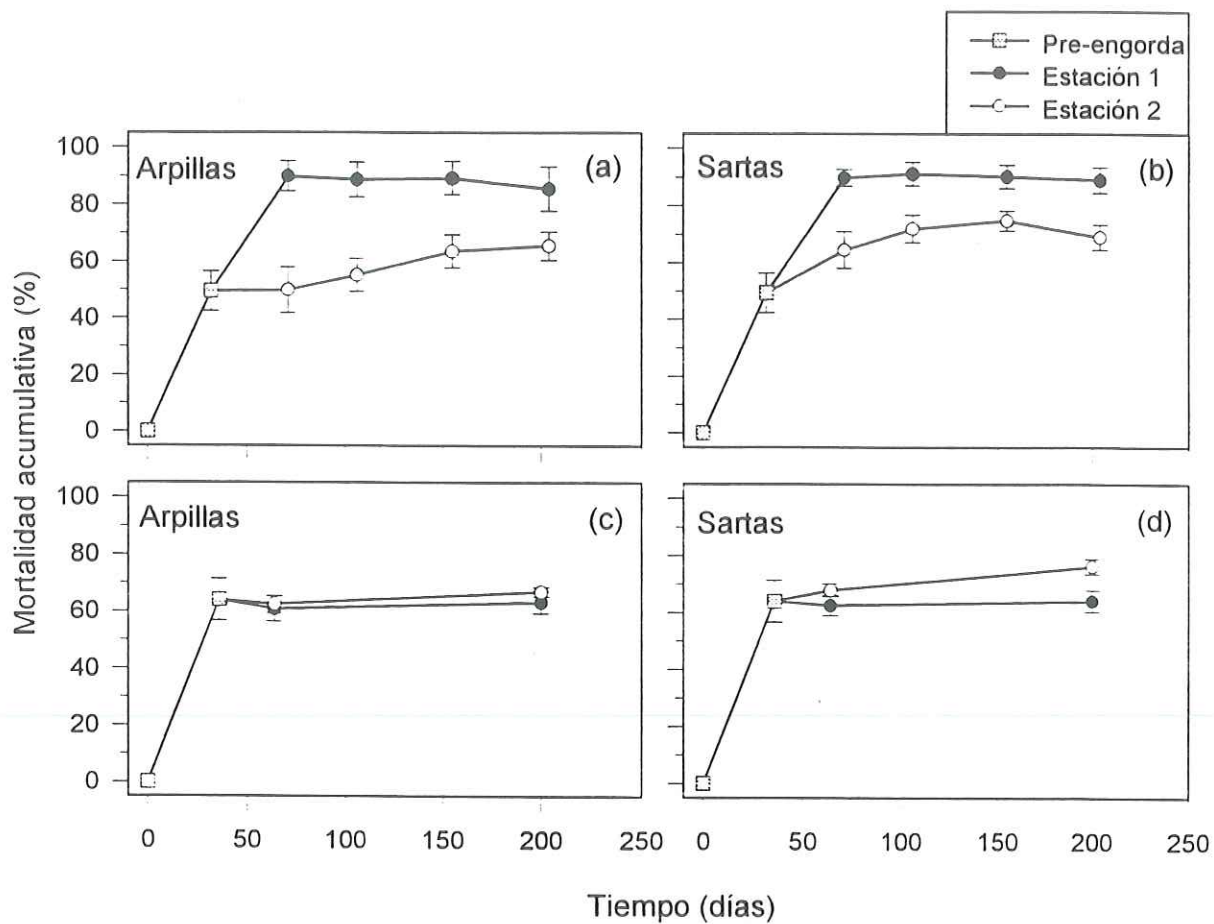


Fig. 6.- Mortalidad acumulativa del ostión *Crassostrea gigas* durante la pre-engorda (cuadros sombreados) y engorda (círculos negros = Est. 1; círculos blancos = Est. 2). La fijación se llevó a cabo en la modalidad de "arpillas" y "sartas", para los experimentos de primavera (a, b) y verano (c, d). Las líneas verticales indican el error estándar.

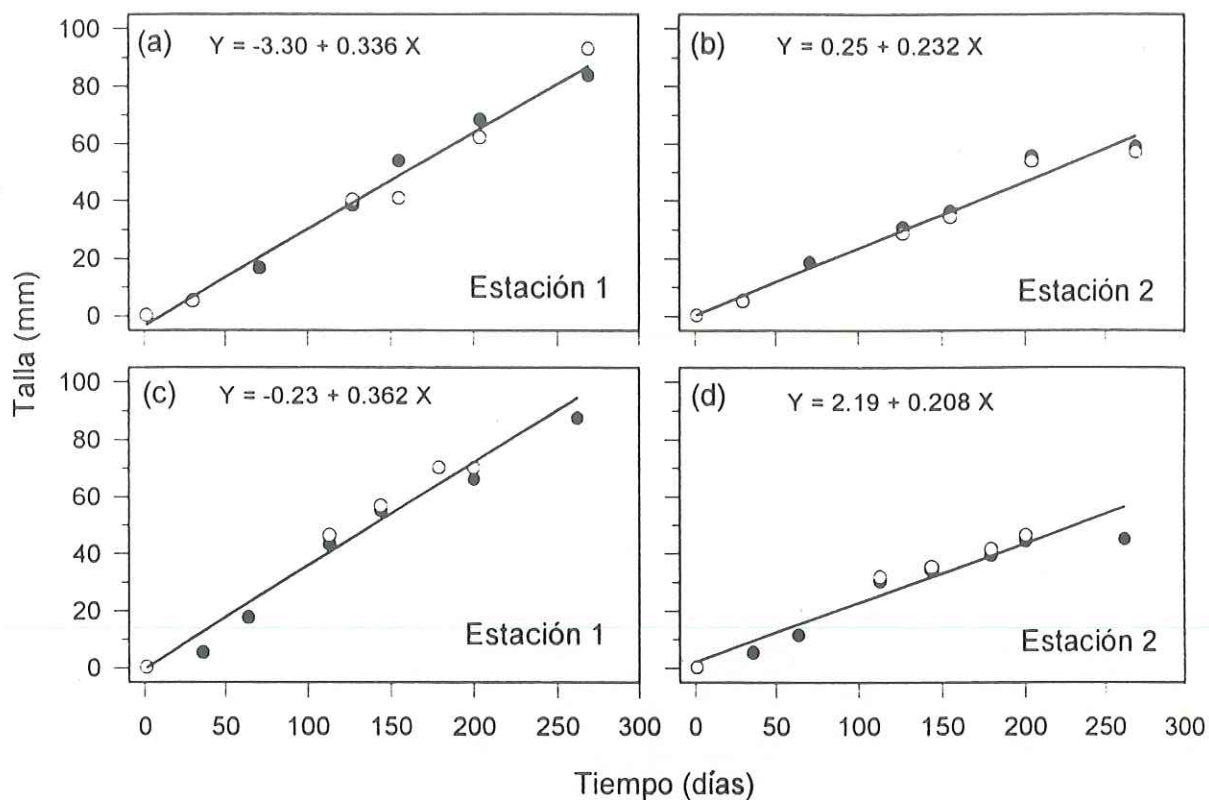


Fig. 7.- Curvas de ajuste lineal de los cambios temporales en la talla del ostión *Crassostrea gigas* en la modalidad de "arpilla" (círculos negros) vs modalidad "sartas" (círculos blancos) en la Estación 1 y 2, para los experimentos de primavera (a, b) y verano (c, d). Las líneas de ajuste se obtuvieron de una ecuación de regresión común (indicada en las gráficas) para arpillas y sartas (ver texto y Tabla III).

Tabla III. Comparación de las pendientes y elevaciones de las ecuaciones de regresión de talla vs. tiempo para ostiones (*Crassostrea gigas*) que se fijaron en arpillas y sartas, durante los experimentos de Primavera y Verano. *m* indica la pendiente de la ecuación de regresión; *a* el intercepto, *t* el estadístico de prueba (t-Student). *ns* no significativo a un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$).

Localidad	Fijación	<i>m</i>	<i>a</i>	Comparación de pendientes (t)	Comparación de elevaciones (t)
EXPERIMENTO DE PRIMAVERA					
Estación 1	arpillas	0.333	-2.68	2.104 (ns)	1.635 (ns)
	sartas	0.339	-4.05		
Estación 2	arpillas	0.236	0.527	0.231(ns)	0.655 (ns)
	sartas	0.230	-0.180		
EXPERIMENTO DE VERANO					
Estación 1	arpillas	0.359	-1.68	0.186 (ns)	1.657 (ns)
	sartas	0.367	2.05		
Estación 2	arpillas	0.197	1.92	0.943 (ns)	1.600 (ns)
	sartas	0.230	1.87		

múltiple de pendientes indicó que las tasas de crecimiento en concha no fueron significativamente distintas entre ostiones pertenecientes a una misma localidad, independientemente de la época de siembra (Est. 1, Tukey $q = 1.71$, $p > 0.05$; Est. 2 $q = 1.61$, $p > 0.05$). Sin embargo, las diferencias en la tasa de crecimiento entre localidades si fueron significativas, por lo que se pudo concluir que la tasa de crecimiento del ostión fué mayor en la Est. 1 (0.34 y 0.36 mm día, Primavera y Verano respectivamente) que en la Est. 2 (0.23 y 0.21 mm día, Primavera y Verano respectivamente). Así mismo, los ostiones engordados en la Est. 1 alcanzaron una talla final (87 a 93 mm,) mayor que los de la Est 2 (45 a 59 mm), aún cuando la duración de dichos experimentos (262 días) fué exactamente la misma en todos los casos (Fig. 8 a,b). Al conjuntar los resultados de mortalidad y crecimiento, se concluyó que la fijación sobre arpillas o sobre sartas no tuvo ningún efecto en el desarrollo posterior de los ostiones, por lo que en el resto del trabajo solo se reportan las mediciones en ostiones fijados sobre arpillas.

La tasa de crecimiento relativo (TCR) de los ostiones decreció exponencialmente en ambos experimentos (Fig. 9 a,b). No obstante, las máximas TCR se observaron durante el período de pre-engorda (7.8 a 9.7 % día⁻¹, Exp. de Primavera y Verano, respectivamente) y alcanzaron un valor asintótico cercano al 1 % día⁻¹ después de 126 días (Exp. de Primavera) o 140 días (Exp. de Verano). Las diferencias de TCR entre localidades solo pudieron ser detectadas subjetivamente y coincidieron con los momentos en que la mortalidad se volvió asintótica (Figs. 6 y 9).

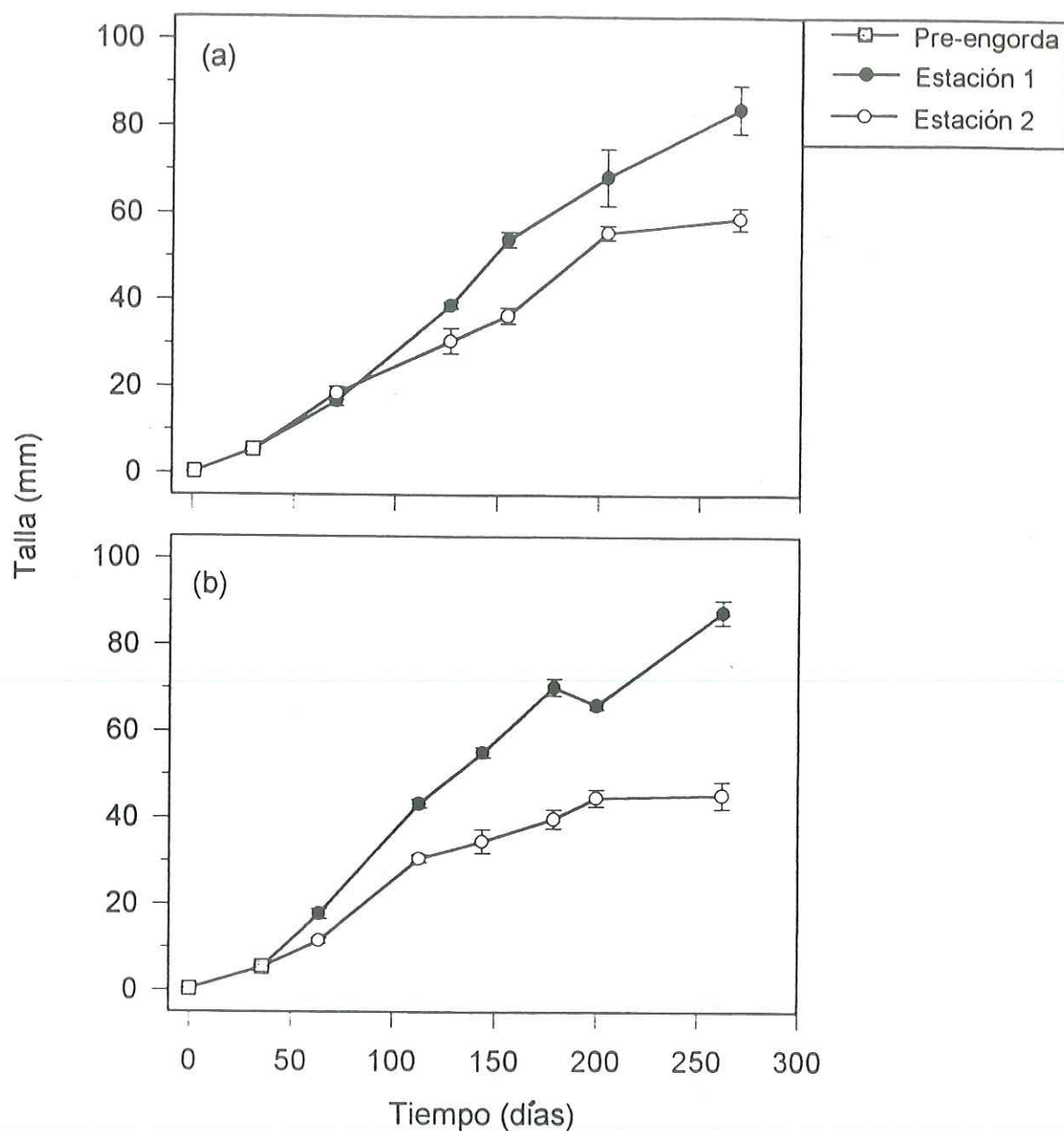


Fig. 8.- Cambios temporales en la longitud de la concha del ostión *Crassostrea gigas*, para los experimentos de primavera (a) y verano (b). Los cuadros sombreados indican el crecimiento en la zona de pre-engorda, los círculos negros indican el crecimiento en la Estación 1 y los blancos en la Estación 2, durante la fase de engorda. Las líneas verticales señalan el error estándar.

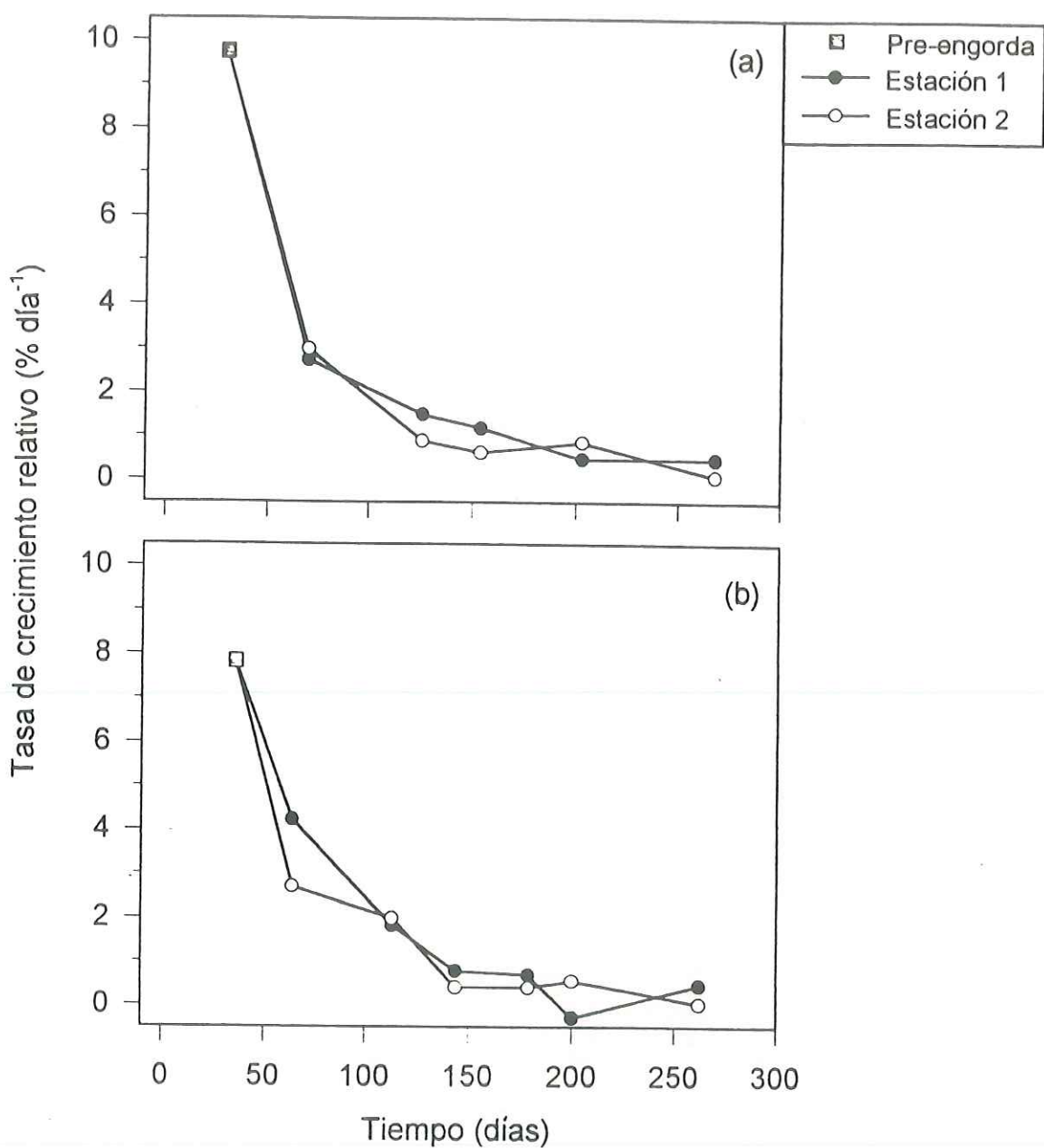


Fig. 9.- Tasa de crecimiento relativo para el ostión *Crassostrea gigas* en la zona de pre-engorda (cuadros sombreados) y en la zona de engorda para los experimentos de primavera (a) y verano (b). Estación 1 (círculos negros) y Estación 2 (círculos blancos).

5.3.2. Peso del tejido e índice de condición.

En contraste con el crecimiento en concha, el aumento de tejido no fué significativo durante la fase de pre-engorda, pero posteriormente aumentó en forma exponencial hasta alcanzar en la Est. 1 (Exp. de Primavera) un valor cercano a 1.2 g ind^{-1} para organismos de 200 días de edad (aprox. 68.3 mm). Los ostiones de la Est. 2 aparentemente acumularon menor contenido de tejido que los de la Est. 1 en ambos experimentos (Fig. 10 a,b). No obstante, la prueba de Tukey para comparación múltiple de pendientes indicó que para la siembra de Primavera las tasas de crecimiento en tejido no fueron significativamente distintas entre localidades ($q = 3.23$, g.l. = 18, $p > 0.05$), pero en la siembra de Verano los ostiones de la Est. 1 mostraron significativamente mayor tasa de crecimiento del tejido (7 mg día^{-1}) que los de la Est. 2 (1 mg día^{-1}) ($q = 7.71$, g.l. = 18, $p < 0.001$). Cabe hacer notar que en la siembra de Verano el monitoreo se extendió hasta los 262 días mientras que en Primavera solo se analizaron muestras hasta el día 200 (Fig. 10 a,b). Para el experimento de Verano los ostiones de la Est. 2 alcanzaron un peso máximo promedio de $0.23 \pm 0.05 \text{ g tejido seco ind}^{-1}$ (organismos de 45.3 mm), comparado con $2.10 \pm 0.05 \text{ g tejido seco ind}^{-1}$ en la Est. 1 (organismos de 87.5 mm).

En ambos experimentos el índice de condición (IC) de organismos juveniles menores de 43 mm fué alto ($Md = 75$ a 83) y disminuyó una vez que inició el crecimiento exponencial del tejido y concha (Fig. 10 c-d). Al final del Exp. de Primavera el IC recuperó sus valores altos en la Est. 1 ($Md = 97$) pero no en la Est. 2 ($Md = 63$). En contraste, durante el Exp. de Verano los ostiones de la Est. 2 nunca lograron aumentar su índice de condición una vez que alcanzaron un valor asintótico

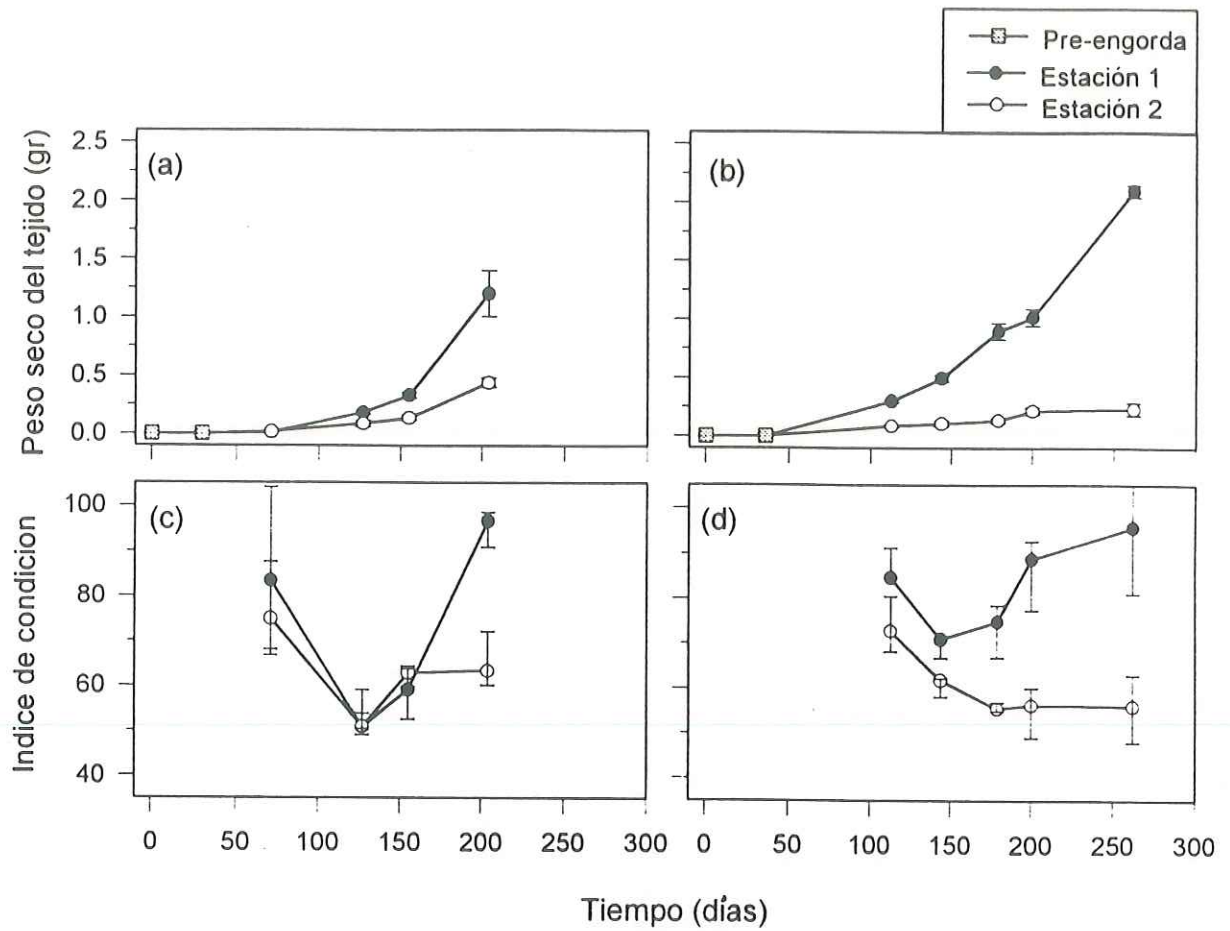


Fig. 10.- Cambios temporales en el peso del tejido seco (a, b) e índice de condición (c, d) del ostión *Crassostrea gigas* en la zona de pre-engorda (cuadros sombreados) y en la zona de engorda, para los experimentos de Primavera (a, c) y Verano (b, d). Las líneas verticales indican el error estándar de los promedios (tejido) o el intervalo de confianza de la mediana (índice de condición) al 95 %.

mínimo ($Md = 56$) a los 179 días (talla = 39.8 mm). En ese mismo experimento, los ostiones de la Est. 1 iniciaron la recuperación a los 179 días (70.2 mm) y alcanzaron el valor máximo de IC ($Md = 96$) al final del experimento (Fig. 10 d). Una comparación de 2 muestras entre los ostiones sembrados en Primavera y Verano indicó que no existe un efecto significativo de la época de siembra sobre el IC de los organismos ($T = 1337$, $n_1 = 35$, $n_2 = 51$; $p > 0.05$). No obstante, el IC fué significativamente afectado por el sitio de cultivo, con valores comparativamente mayores en ostiones de la Est. 1 que en los de la Est 2 ($T = 2247$; $n_1 = 40$, $n_2 = 46$; $p < 0.001$).

5.3.3. Composición química: efecto de la edad y la talla.

Con el fin de comparar el contenido bioquímico de los ostiones de ambas estaciones se hizo una selección previa en base a la talla, resultando no ser significativamente distintas entre sí las siguientes tallas promedio: a) organismos de 43.3 y 44.7 mm; b) de 53.9 y 55.6 mm; c) de 66 y 68.3 mm (Tabla IV). Un análisis de regresión del contenido bioquímico contra talla y contra edad demostró que la variación en el contenido de proteínas, lípidos y glucógeno fué independiente de la edad mientras que dichos compuestos sí dependen de la talla del organismo (Fig. 11, Tabla V).

Durante el Exp. de Primavera los ostiones de la Est. 2 mostraron una mayor proporción de lípidos y glucógeno y un menor porcentaje de cenizas y proteínas que los organismos de la Est. 1, mientras que en el Exp. de Verano el patrón se invirtió para lípidos, glucógeno y cenizas, pero no para proteínas (Fig. 12 a-d). Las proteínas siempre constituyeron la mayor fracción (46.8 a 53.8 %) del peso del tejido seco,

Tabla IV. Datos morfométricos de los ostiones utilizados para evaluar la composición proximal de *Crassostrea gigas* en dos zonas de engorda de Bahía San Quintín, B.C. Los valores entre paréntesis indican error estándar de la media. No hay diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las tallas de 53.9 vs 55.6 ($t = -0.71$); 43.3 vs 44.7 ($t = -0.65$); 68.3 vs 66.0 ($t = 0.46$).

COMPONENTE	EXPERIMENTO DE PRIMAVERA			EXPERIMENTO DE VERANO		
	Estación 1	Estación 2		Estación 1	Estación 2	
Edad (días)	155	204	204	113	200	200
Talla (mm)	53.90 (1.76)	68.30 (6.52)	55.60 (1.64)	43.3 (0.96)	66.00 (0.92)	44.7 (1.93)
Peso entero (g)	10.65 (0.82)	20.08 (5.34)	14.77 (1.13)	8.07 (0.51)	30.64 (1.37)	9.82 (1.15)
Peso tejido seco (g)	0.33 (0.02)	2.00 (0.20)	0.44 (0.04)	0.30 (0.01)	1.02 (0.07)	0.22 (0.03)
Humedad (%)	94.12 (0.20)	90.47 (0.23)	93.46 (0.24)	91.86 (0.36)	91.38 (0.33)	94.45 (0.20)
No. replicas	5	3	5	5	5	5

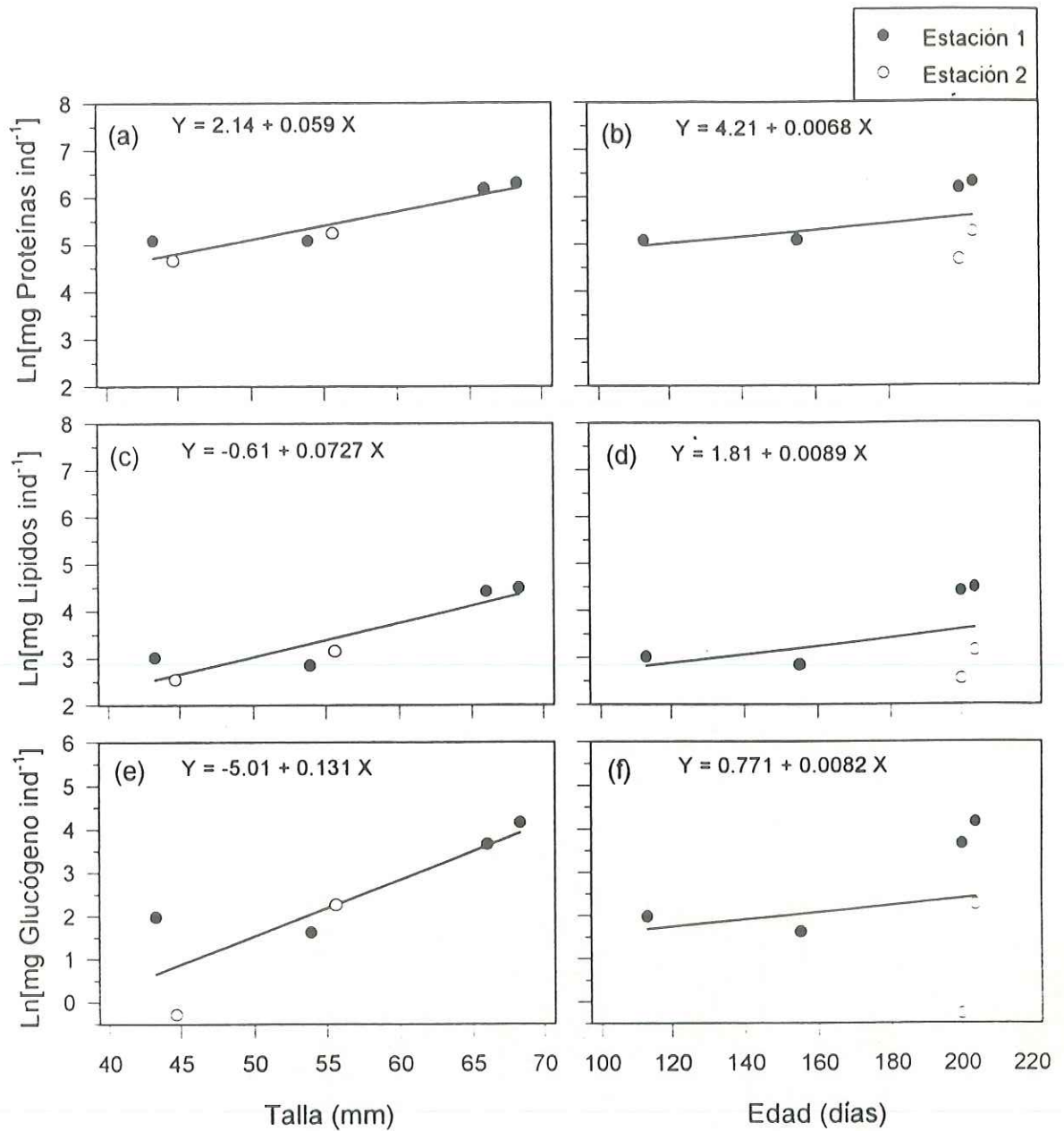


Fig. 11.- Curvas de ajuste lineal entre el promedio de los componentes mayoritarios del tejido del ostión *Crassostrea gigas* vs la talla (a, c, e) y edad del organismo (b, d, f). Las regresiones se hicieron conjuntando los datos transformados a logaritmos naturales de las Estaciones 1 y 2. La regresión no fué significativa para las curvas (b, d y f) (ver detalles en Tabla V).

Tabla V. Valores del intercepto (a) y pendiente (m) de las ecuaciones de regresión del contenido bioquímico del ostión *Crassostrea gigas* en función de la talla y edad. Las regresiones se computaron con los datos bioquímicos obtenidos de los ostiones de la Tabla IV, previa transformación a logaritmo natural. R^2 es el coeficiente de determinación, p nivel de probabilidad del estadístico F.

Variable Independiente	vs	Variable Dependiente	a	m	R^2	p
Talla	vs	mg Proteína ind ⁻¹	2.14	0.059	0.869	0.0067 (**)
Talla	vs	mg Lípidos ind ⁻¹	-0.61	0.0727	0.828	0.0117 (*)
Talla	vs	mg Glucógeno ind ⁻¹	-5.01	0.131	0.742	0.0275 (*)
Edad	vs	mg Proteína ind ⁻¹	4.21	0.0068	0.148	0.4505 (ns)
Edad	vs	mg Lípidos ind ⁻¹	1.81	0.0089	0.162	0.4295 (ns)
Edad	vs	mg Glucógeno ind ⁻¹	0.77	0.0082	0.038	0.7130 (ns)

ns: $p > 0.05$

*: $p < 0.05$

**: $p < 0.01$

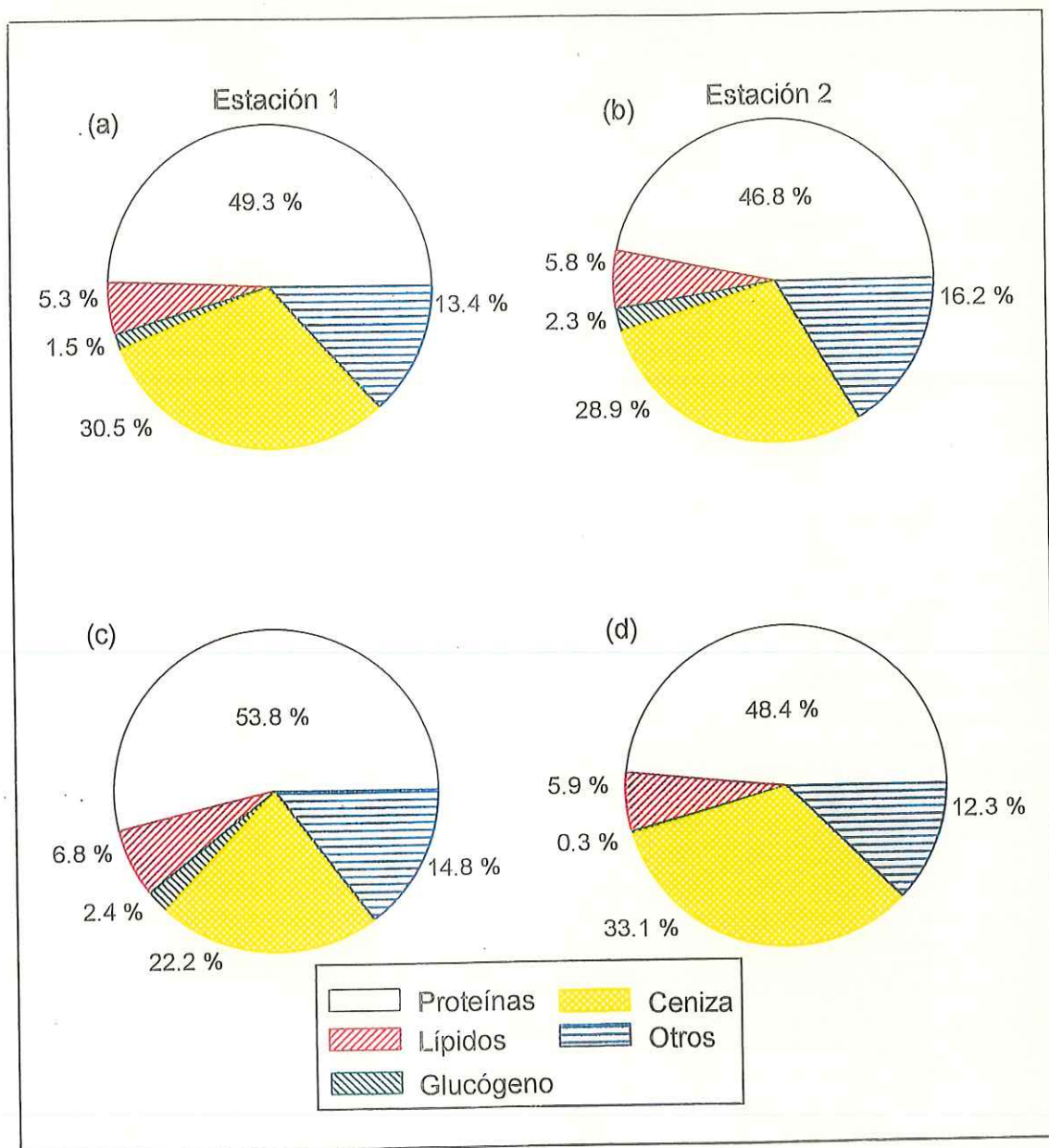


Fig. 12.- Composición química del ostión *Crassostrea gigas*, para los experimentos de primavera (a,b) y verano (c,d). La talla promedio y edad de los organismos que se analizaron son; (a) 53.9 ± 1.76 mm de 155 días; (b) 55.60 ± 1.64 mm de 204 días; (c) 43.3 ± 0.96 mm de 113 días; (d) 44.7 ± 1.93 mm de 200 días.

seguidas por las cenizas (22.5 a 33.1 %), lípidos (5.3 a 6.8 %) y glucógeno (0.3 a 2.4 %). En todos los casos una fracción del peso (aprox. 15 %) no pudo ser asociado a un componente bioquímico específico.

5.4. Variables ambientales.

La concentración de clorofila no mostró un patrón definido durante el período de estudio en ninguna de las dos estaciones, aunque los valores promedio fueron ligeramente mayores en la Est. 1 (entre 2 y 3 mg m^{-3}) que en la Est. 2 (Fig. 13 a,b). Sin embargo, al realizar un ANOVA de dos vías (con los datos transformados a ln) no se observaron diferencias significativas en el contenido promedio de clorofilas entre localidades ($F= 2.689$, g.l.= 18, $p=0.1098$) ni con respecto a la profundidad ($F=2.211$; g.l.= 18; $p=0.1457$). Los máximos valores de clorofila *a* (aprox. 6 mg m^{-3}) fueron detectados en agosto (día 56) en muestras de fondo.

En contraste con la clorofila, el seston total tendió a aumentar hacia los meses de invierno, alcanzando valores de hasta 8 mg m^{-3} (Est. 1) y 28 mg m^{-3} (Est 2). Valores anormalmente altos de seston ($> 35 \text{ mg m}^{-3}$) fueron también registrados en el muestreo de septiembre (día 105), tanto en la superficie como en el fondo (Fig. 14). Al igual que en las clorofilas, no se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de seston total entre las Est. 1 y 2 ($F=0.637$, $p=0.43$) ni con respecto a la profundidad ($F=1.775$, $p=0.19$). No obstante, el seston de la Est. 2 mostró consistentemente mayor contenido orgánico en las muestras de superficie que en el fondo durante los meses de junio-julio y en los meses de invierno. En contraste, la fracción orgánica del seston fué similar en superficie y fondo para la Est. 1 (Fig. 15). En todos los casos, el mayor

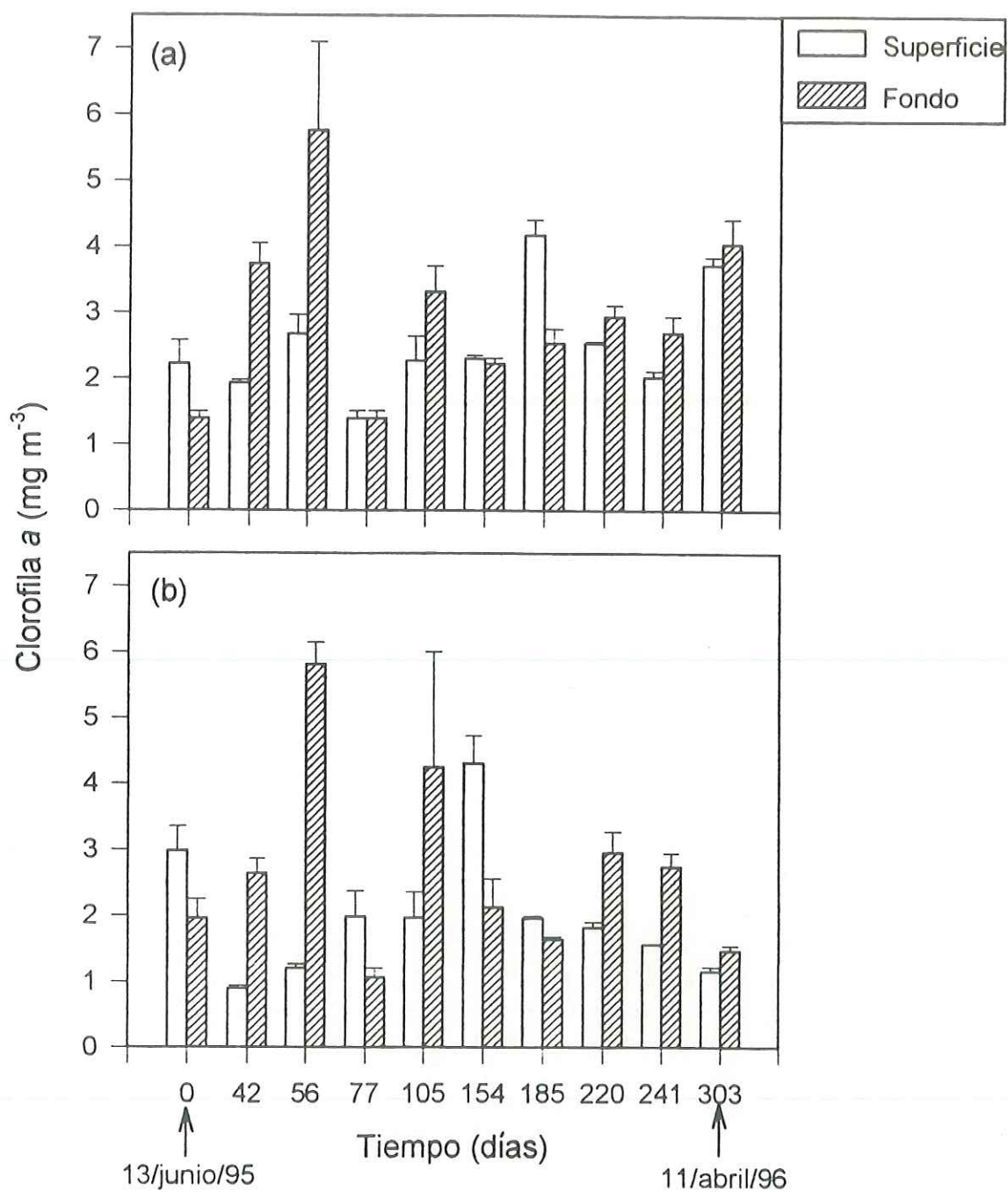


Fig. 13.- Variación del contenido de clorofila en la Estación 1 (a) y la Estación 2 (b), a 65 cm arriba del fondo (Superficie, barra blanca) y a 11.5 cm arriba del fondo (Fondo, barra sombreada). Las líneas verticales indican el error estándar.

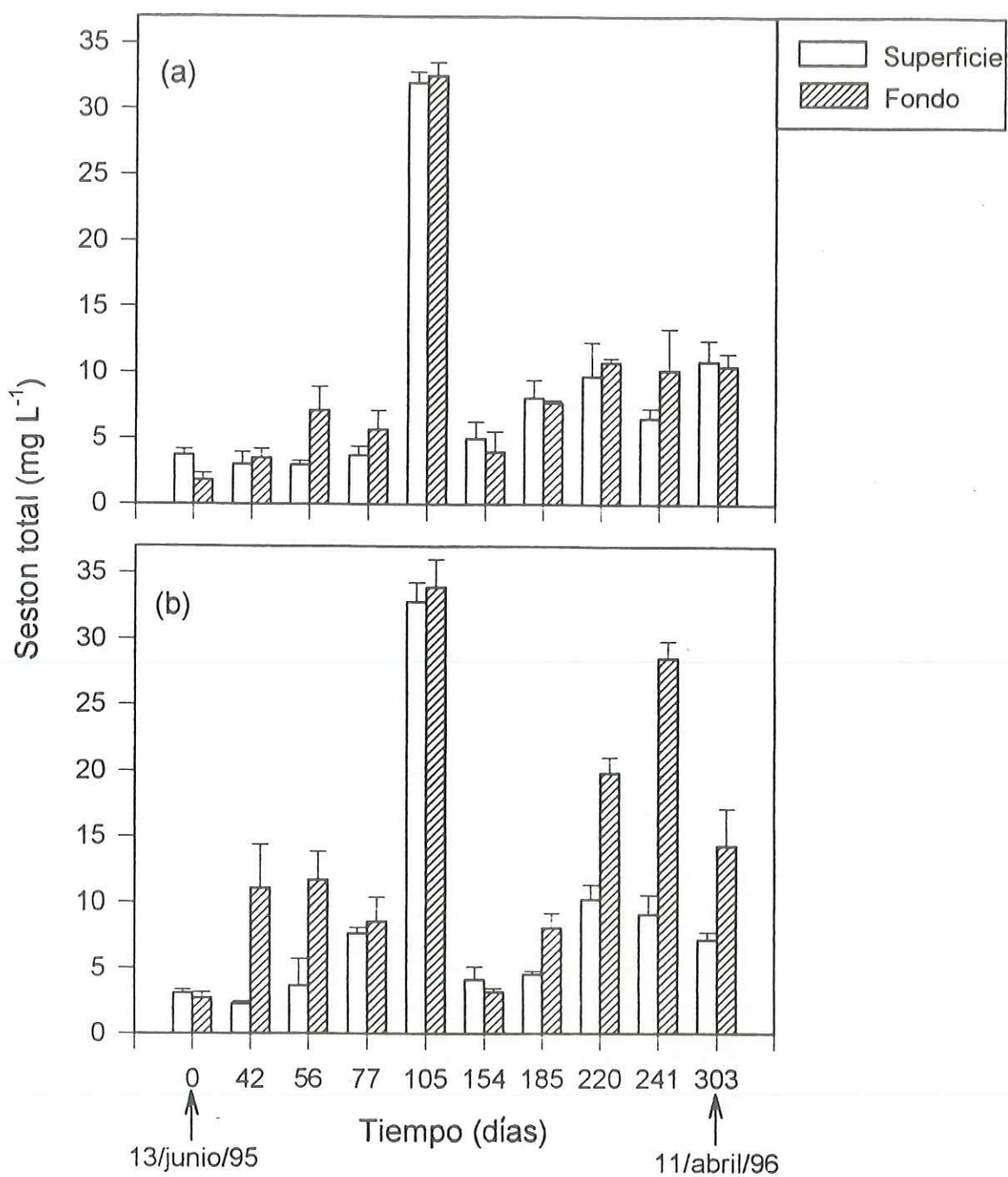


Fig. 14.- Variación de seston total en la Estación 1 (a) y la Estación 2 (b), a 65 cm arriba del fondo (Superficie, barra blanca) y a 11.5 cm arriba del fondo (Fondo, barra sombreada). Las líneas verticales indican el error estándar.

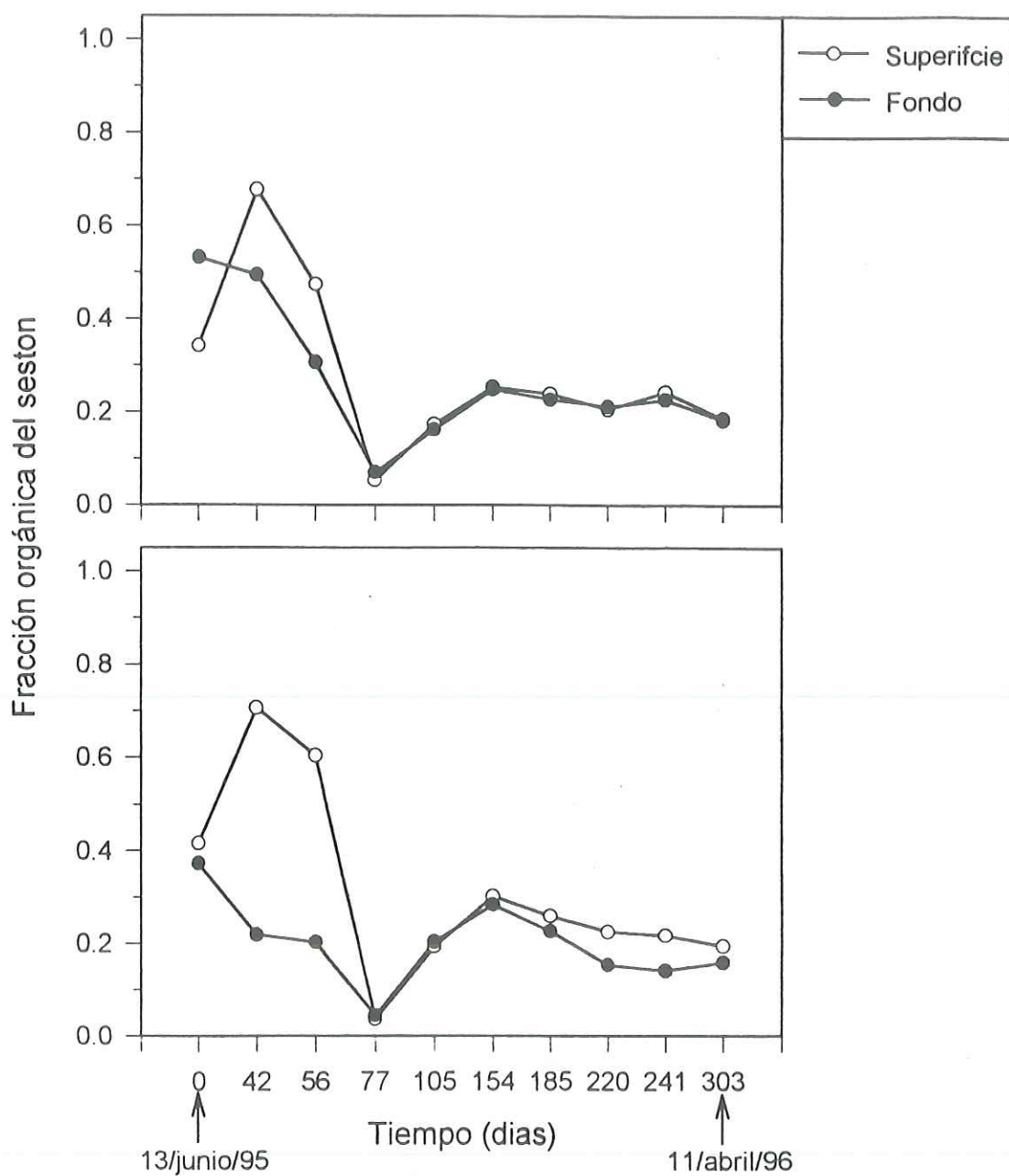


Fig. 15.- Fracción del seston total correspondiente al material orgánico particulado en la Estación 1 (a) y Estación 2 (b), a 65 cm arriba del fondo (Superficie, círculos blancos) y a 11.5 cm arriba del fondo (Fondo, círculos negros).

porcentaje de seston orgánico (hasta 70% del seston total) coincidió con los más bajos valores de seston total, durante junio-julio (Figs. 14 y 15).

La temperatura promedio medida en forma continua durante julio-septiembre aumentó gradualmente desde 19.5 hasta 24.8 °C en la Est. 2 y desde 19 hasta 24 °C en la Est. 1. La diferencia promedio entre ambas estaciones fué de 1.2 °C (Fig. 16). Por otra parte los perfiles de salinidad, pH y oxígeno realizados en ambas estaciones indicaron que en el muestreo de mayo la Est. 1 (Cabeza) tendió a mostrar menor pH, mayor salinidad y menor concentración de oxígeno que la Est. 2, y el patrón se invirtió en el muestreo de septiembre (Fig. 17). Cabe hacer notar que el primer muestreo se llevó a cabo durante el llenante y el segundo en la fase vaciante de la marea viva. Las diferencias entre localidades fueron mayores que las encontradas a lo largo de la columna de agua dentro de una misma localidad (Fig. 17). Finalmente, los ostiones de la Est. 1 quedaron 17.4 % mas tiempo expuestos a la desecación que los ostiones de la Est. 2 (Fig. 18). El tiempo fuera del agua aumentó durante los meses de invierno y principios de primavera, siendo en abril cuando ocurrió el mayor período de exposición (127 h mes^{-1} , Est. 1), y en agosto el menor tiempo (49 h mes^{-1}).

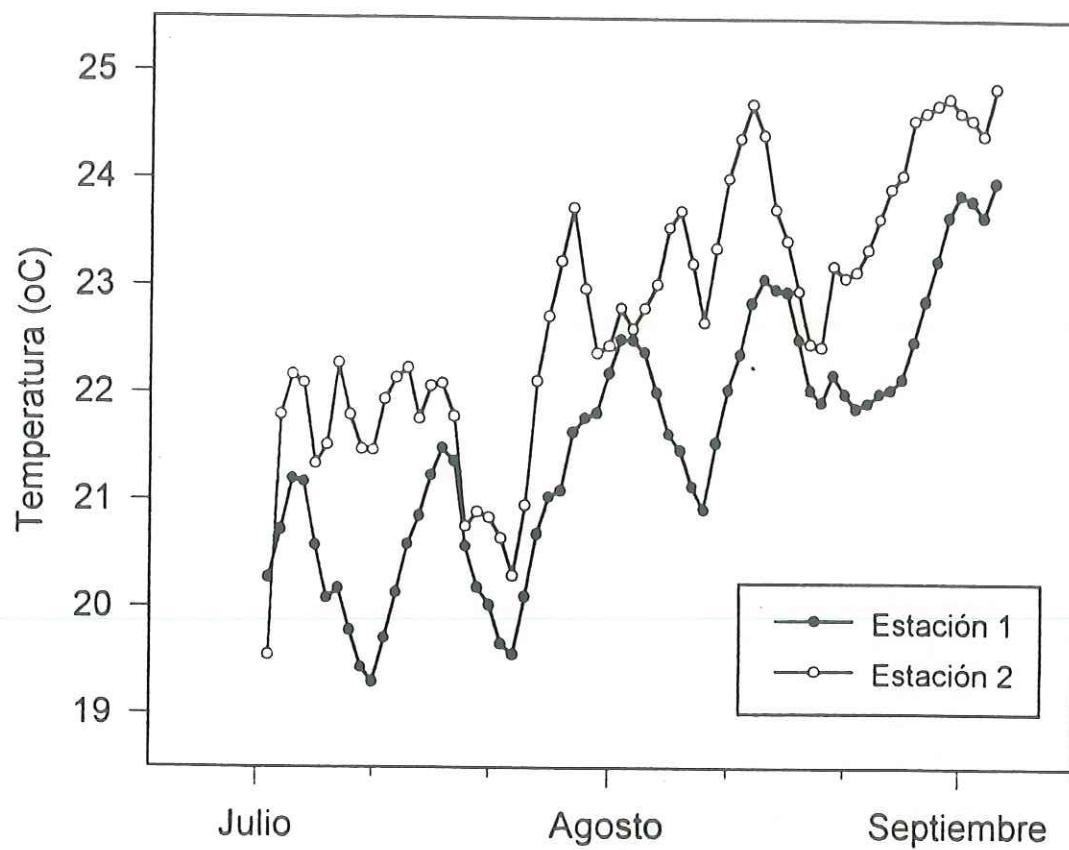


Fig. 16.- Temperatura promedio diaria del agua en la Estación 1 (círculos negros) y Estación 2 (círculos blancos) en la Bahía San Quintín B.C. Del 5 de julio al 5 de septiembre de 1995.

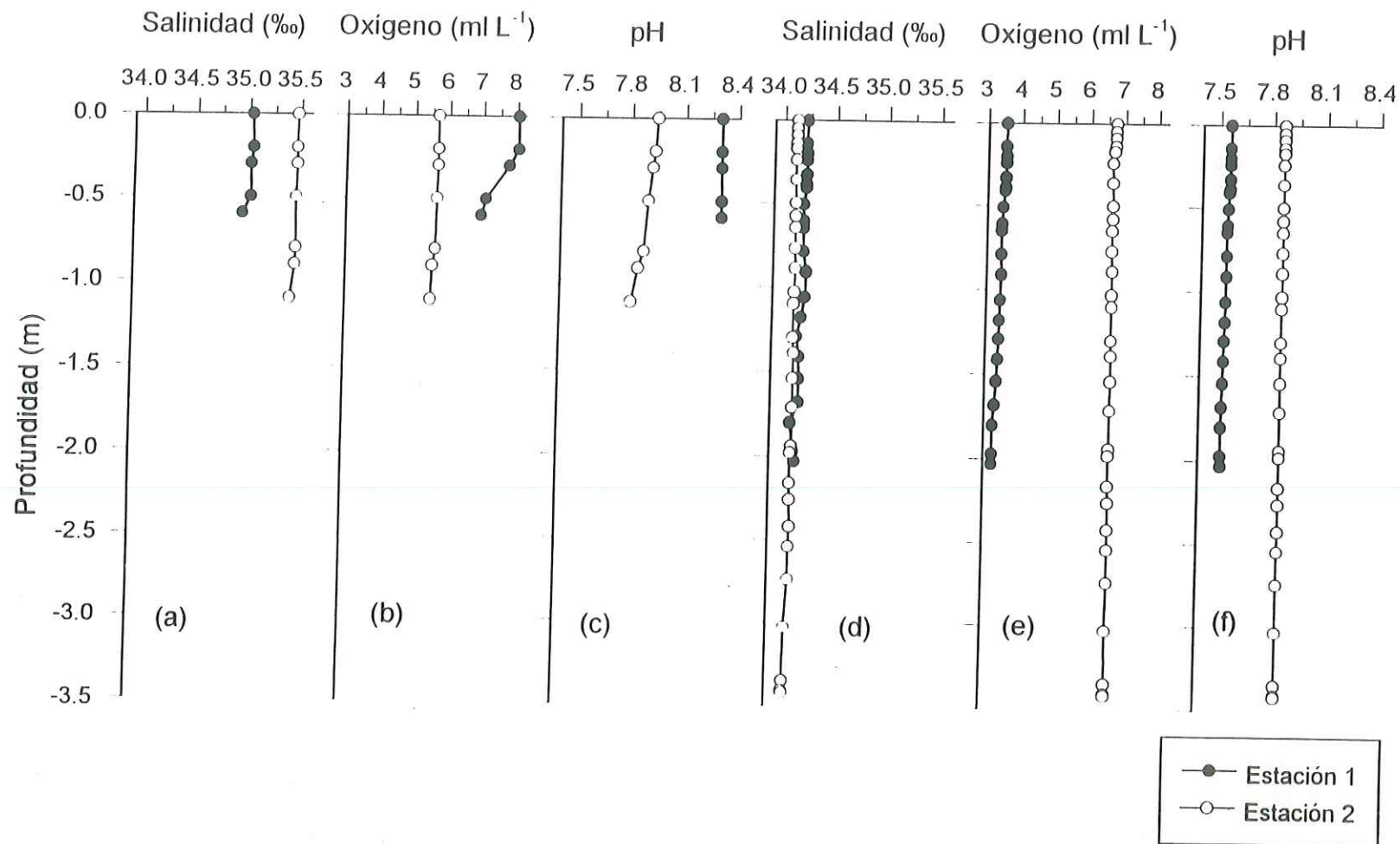


Fig. 17.- Salinidad, oxígeno disuelto y pH, en un transecto vertical, en la Estación 1 (círculo negro) y Estación 2 (círculo blanco) efectuados el 10 de mayo de 1995 (a, b, c) y el 9 de septiembre de 1995 (d, e, f).

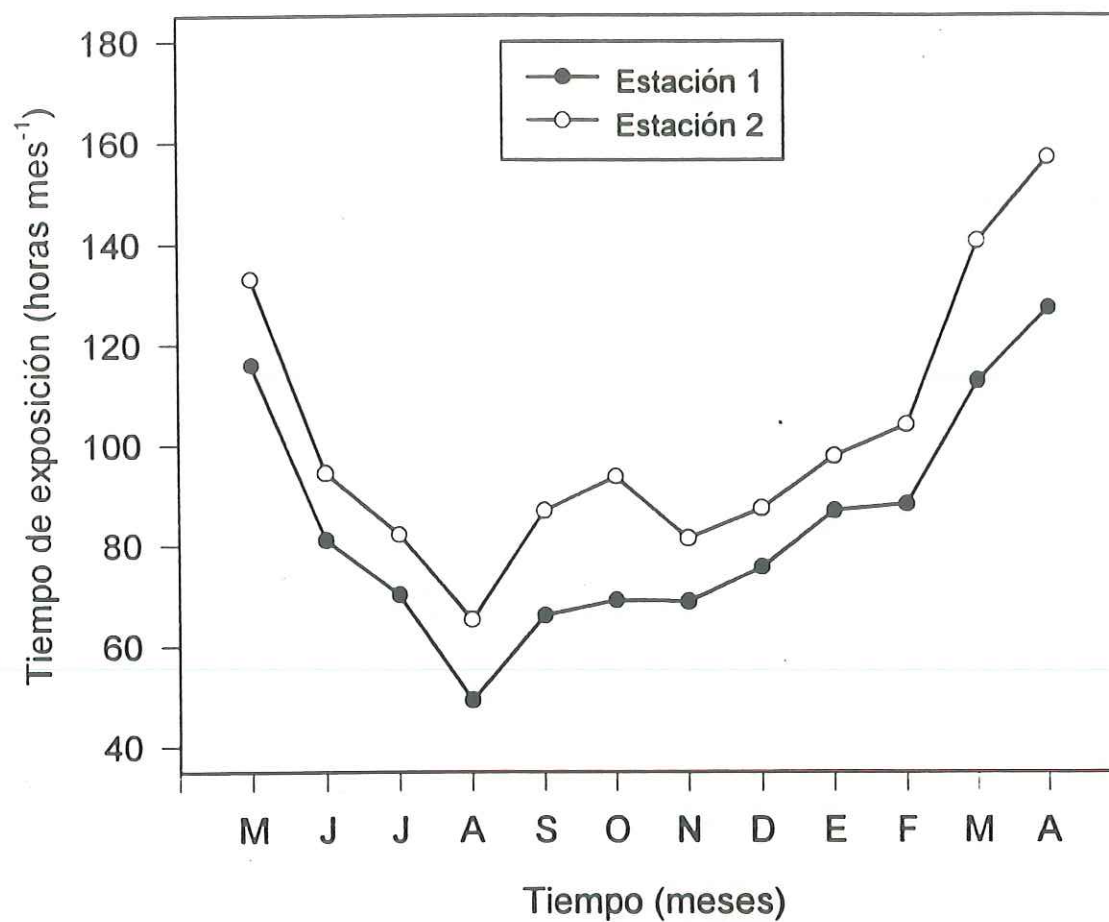


Fig. 18.- Cambios temporales en el tiempo de exposición (horas mes⁻¹) de las sartas debido al efecto de las mareas. El tiempo de exposición está referido a la mitad superior del estante, del cual se suspenden las sartas con ostión. Estación 1 = círculos negros; Estación 2 = círculos blancos.

6. DISCUSIÓN.

6.1 Calidad de las larvas y fijación.

En las granjas productoras de semilla de la costa del Pacífico en los EUA, generalmente los progenitores son acondicionados con agua de mar sin filtrar a 18-20 °C, durante un período de cuatro a seis semanas. Posteriormente se induce al desove y la larva se mantiene durante tres semanas a 25 °C, hasta que desarrolla una mancha ocular y un pie. En este momento es cuando se ofrece al mercado para su fijación (Breese y Malouf, 1975). La larva pedivelígera que se usó en el Exp. de Primavera mostró una mejor calidad en terminos de peso seco y mortalidad inicial que la del Exp. de Verano. No obstante, no se detectaron diferencias en el peso seco libre de cenizas (tejido) de ambas corridas, lo que indica que el tejido "metabólicamente activo" fué el mismo y las diferencias que se dan en el peso seco se deben a la concha, ya que las larvas de primavera fueron mas anchas que las de verano.

El laboratorio donde se obtuvo la semilla tiene una amplia y exitosa historia de producción comercial de larvas, por lo que se esperaría que sus métodos estuvieran estandarizados y las diferencias en la condición de larvas pedivelígeras se debieran principalmente a factores que no se controlan tan finamente, tales como la condición de las hembras al momento de desove. Por otra parte, existe la ventaja de realizar los experimentos con semilla de un solo laboratorio debido a que se reducen las posibilidades de variaciones por manejo de progenitores o camadas de larvas.

Se han hecho intentos de asociar la cantidad de reservas del huevo de *Crassostrea virginica* con la mortalidad larval (Gallager y Mann, 1986), no obstante, hasta ahora no está claro cual es el grado de contribución del huevo sobre la calidad

posterior de larvas pedivelígeras o postlarvas. Helm *et al.* (1973) en *O. edulis* y Gallagher y Mann (1986) en *Mercenaria mercenaria* y *C. virginica* encontraron una correlación entre el contenido inicial de lípidos en los huevos y su posterior sobrevivencia, sin embargo, el contenido de lípidos no se correlacionó con el subsecuente crecimiento larval (Gallagher y Mann, 1986). Por otra parte, se sabe que el ciclo natural de la gametogénesis del ostión europeo esta estrechamente relacionado con el ciclo de almacenaje del glucógeno y a la posterior síntesis de lípidos durante la vitelogénesis a expensas del glucógeno (Gabbott, 1975). Según Gallagher y Mann (1986) la interrupción de este ciclo por acondicionamiento artificial a elevadas temperaturas podría forzar el desarrollo de huevos antes de que se acumule suficiente glucógeno para la síntesis de lípidos, así las consecuencias podrían ser una menor cantidad de huevos o huevos de subóptimas condiciones. No obstante, la acumulación de reservas en larvas pedivelígeras parece ser independiente de las reservas iniciales del huevo, ya que durante toda la fase larval los organismos obtienen activamente el alimento del medio ambiente. Por lo anterior es mas probable que las diferencias en la condición inicial de las larvas fijadoras se debiera a cambios ligeros en las condiciones durante su cultivo en laboratorio.

El mejor estimador de la fijación resulto ser el método directo, ya que indicó la cantidad real de larvas fijas al sustrato, mientras que el método indirecto sobreestima el porcentaje de fijación. No obstante, el método indirecto resulta valioso para identificar camadas de larvas juvenes (alto porcentaje de nadadoras) que no está con posibilidades de fijarse dentro de un período comercialmente aceptable, o bien que no han podido entrar en el proceso metamorfoico porque las condiciones ambientales no les son favorables. Jones y Jones (1983) mencionan que cuando se coloca una densidad de 100 larvas pedivelígera por concha en una pileta de fijación, se obtienen

de 5 a 20 larvas nadadoras después de 24 h; a las 48 h se observan de 0 a 8 larvas y a las 62 h de 0 a 5 larvas. El mismo autor indica que cuando una semilla está en buenas condiciones la mayor parte de la larva normalmente se fija durante las primeras 24 h a una temperatura entre 20 a 30 °C, y la máxima fijación de larva ocurre a temperaturas entre 25-30 °C.

Los ostricultores de la costa oeste de EUA generalmente colocan en las piletas de fijación 100 larvas por concha madre a una temperatura entre 20 a 27 °C, el tiempo de fijación varía entre 1 a 5 días. La densidad de fijación mas frecuente, (y considerada óptima para evitar competencia por espacio) es de 15 a 20 post-larvas por concha, aunque en algunos casos encuentran hasta 400 post-larvas por concha (Jones y Jones, 1983). Los valores anteriores coinciden con los valores modales obtenidos en el presente estudio con la técnica utilizada por los ostricultores de BSQ (15 a 30 larvas/concha; fijación en arpillas; 0 a 15 larvas/concha, fijación en sartas), aún cuando fue frecuente registrar densidades tan altas como 158 a 170 larvas por concha. Walne (1974) menciona que la densidad de post-larvas sobre la superficie de fijación no afecta al crecimiento ni mortalidad durante los primeros 14 días de fijación. Las causas de la amplia dispersión en las fijaciones sobre concha no estan claras, pero se ha llegado a sugerir que se debe en parte a problemas con el almacenaje de la semilla durante su envío (Jones y Jones, 1983), o bien se puede deber a una selectiva disponibilidad de sustrato en las piletas, con las mayores probabilidades de fijación asociadas a las conchas mas exteriores de las arpillas (obs. pers.).

Durante el Exp. de Primavera la fijación en arpillas fue mayor que la fijación en sartas, mientras que en el Exp. de Verano sucedió lo contrario, por lo que la eficiencia de fijación no parece depender del tipo de presentación del sustrato (arpillas o sartas), sino de algún otro(s) factor que no se pudo identificar en este trabajo. No obstante,

durante el presente estudio se notaron deficiencias en el sistema de aireación, lo cual se traduce en inadecuada recirculación de agua y larvas en los tanques de fijación. Por otra parte, la temperatura en los tanques de fijación fué la ambiental, por lo que también es de esperarse un efecto diurno y estacional de este parámetro sobre la concentración de oxígeno en el agua. La ventaja de la fijación en sartas es su poca manipulación, ya que una vez que estas salen del tanque de fijación las ostrillas fijas al sustrato no sufren desecación prolongada. En contraste, las conchas contenidas dentro de las arpillas tienen que sacarse de la zona de preengorda para elaborar las sartas individuales, fuera del agua. Esto provoca un estrés en las ostrillas que podría llegar a reflejarse en la mortalidad. No obstante, la ventaja de las arpillas es que los ostricultores pueden seleccionar la concha con buena fijación y reciclar la mala, obteniendo de esa manera rendimientos por sarta mas o menos homogéneos, aún con "corridas" malas

6.2. *Mortalidad.*

La mayor mortalidad durante todo el proceso de cultivo de ostión ocurrió durante los primeros dos meses post-fijación. Durante este período se llevan a cabo dos procesos capaces de provocar estrés en el organismo: a) después de fijarse en las piletas, la post-larva se traslada a la zona de pre-engorda, período durante el cual el ostión queda expuesto a la desecación durante minutos u horas, y b) después de la preengorda las arpillas se trasladan al laboratorio con el fin de elaborar las sartas. Durante este último proceso que dura varias horas puede llegar a ocurrir cierta mortalidad debido a la desecación y a la fricción por manejo que sufren las conchas madre durante la preparación de las sartas. No obstante, los resultados encontrados en el presente estudio sugieren que la preparación de las sartas no añade un mayor

estres a las ostrillas, ya que independientemente de la época del experimento, no se detectaron diferencias de mortalidad entre ostiones fijados en sartas o arpillas. Lo anterior también sugiere que las causas de mortalidad durante la preengorda se pueden deber a una combinación de factores externos que influyen durante la fase de fijación y preengorda (Ej. estrés durante envío, condiciones de las piletas de fijación, depredación) y factores inherentes a la propia historia de los organismos en su fase perimetamórfica (herencia, cantidad de reservas, etc). Varios ostricultores del oeste de EUA recomiendan mantener con alimento a la post-larva en los tanques de fijación durante varios días, con el fin de suministrar suficiente energía para que se recupere de la metamorfosis y sea capaz de soportar el traslado a la zona de pre-engorda (Jones y Jones, 1983).

Walne (1961) reportó que la mortalidad del ostión europeo *Ostrea edulis* fue de 66 al 92 % durante el ciclo completo de producción, teniendo tasas de mortalidad tan altas como 4 % diario durante los tres primeros meses después de la fijación, en este caso la mortalidad disminuyó al descender la temperatura y las tasas de crecimiento. El autor menciona que la baja mortalidad fue un reflejo de la inactividad de los depredadores y parásitos o la reducida actividad del ostión. En el presente estudio la mortalidad máxima acumulada del ostión se mantuvo entre 60 y 70%, con excepción de la Primavera, cuando se registraron mortalidades de hasta 90 % en la estación de La Boca. Por otra parte Terrazas-Gaxiola (1986) encontró hasta en un orden de magnitud mayor mortalidad en la Boca que en Mina Vieja, mientras que Islas-Olivares (1975) reportó un 70 % de mortalidad en cultivos en balsas, sobre el canal principal de BSQ. Ramos-Amézquita (1987) registró entre un 50 y 60 % de mortalidad en cultivo en estantes dentro de BSQ.

En el experimento de mortalidad diferencial (Primavera) se observó que las larvas fijadas entre las 19 y 42 h tuvieron mayor mortalidad que las del período inicial o final. La menor mortalidad de larvas fijadoras tempranas (1 a 19 h) y tardías (42 a 60 h) pudiera estar asociada con la cantidad de reservas endógenas presentes en los organismos. En este sentido, es sabido que los moluscos bivalvos disminuyen considerablemente su tasa de filtración durante la metamorfosis (Gerdes, 1983) y utilizan sus reservas endógenas durante ese período (Ej. Ferreira *et al.*, 1990; Bartlett, 1979). Por otra parte, se ha demostrado que durante la metamorfosis del ostión japonés (*C. gigas*) la mayor pérdida de reservas ocurre en las primeras 48 h, con una recuperación neta después de ese tiempo (García-Esquivel y Bricelj, 1995; García-Esquivel, no publ.). Asimismo, en un estudio mas detallado se encontró que la tasa metabólica de *C. gigas* disminuyó al mínimo después de 3 Hrs de inducción artificial a la metamorfosis pero se recuperó inmediatamente. La mortalidad creció exponencialmente después de 36 Hrs. de postinducción, y coincidió con los máximos valores (hasta un 43 %) de utilización de reservas energéticas (Haws *et al.*, 1993). Conjuntando los datos anteriores, es de suponer que los ostiones fijados entre las 19 y 42 h. estaban energéticamente mas débiles que los fijados inmediatamente (0 a 19 h) o al final (42 a 60 h), por lo que cualquier grado de estrés repercutiría en mayor mortalidad sobre los organismos con menor cantidad de reservas. Esto último no pudo ser corroborado en el presente trabajo debido a la falta de muestras para análisis químico, que correspondiera a cada período de evaluación.

En general la mayor mortalidad del ostión ocurrió en organismos menores de 17 mm. Asimismo, en primavera la mortalidad fue mayor en la Est. 1 que en la 2, pero fue similar en verano. Las causas de estos resultados se desconocen, pero se ha

demostrado que una de las principales causas de mortalidad juvenil de bivalvos es la depredación (García-Esquivel y Bricelj, 1995; Strieb *et al.*, 1995). Según Walne (1974) uno de los potenciales depredadores en las costas de Inglaterra es el cangrejo común *Carcinus maenas* que son abundantes a principios de verano, sin embargo no llegan a afectar significativamente a los cultivos ostrícolas. Otra de las causas de mortalidad en el ostión que se observaron durante este estudio es la presencia de esponjas sobre los ostiones estan cerca del fondo. Inclán-Rivadeneira y Acosta-Ruiz (1989) identificaron a la esponja *Halichondria sp.*; la ascidia *Botrylloides sp.* y el hidroide *Tubularia crocea* como organismos que obstruían la circulación y la captación de alimento del ostión cultivado en BSQ. Cuando se compararon las sartas de la Estación 1 con las de la Estación 2 se observó que en las primeras se encontraron adheridas abundantes esponjas, algas verdes y briozoarios, mientras que las sartas de la Est. 2 estaban prácticamente libres de cualquier epibionte extraño. Asimismo, para BSQ se ha reportado abundancia del cangrejo *Hemigrapsus oregonensis* en las zonas de marismas (Barnard, 1962). Es poco probable que las diferencias en mortalidad entre localidades se debiera únicamente a la temperatura y disponibilidad de alimento, ya que estos parámetros fueron muy similares en las dos zonas. No obstante, los organismos de la estación 2 estuvieron consistentemente mas expuestos al aire que los de la estación 1, lo cual también explica la escasez de epibiontes en el primer caso.

6.3. Crecimiento y calidad del ostión durante la engorda.

Con las tasas de crecimiento bruto obtenidas en la Est. 1, es de esperarse que los organismos alcancen la talla comercial (de 9 cm) a los 8.3 meses mientras que los

que se sembraron en primavera (tasa de crecimiento bruto de 0.34 mm día^{-1}) alcanzan la talla comercial en 9 meses. En contraste, se estima que en la Est. 2 la talla comercial se alcanza a los 13 meses en el Exp. de Primavera y a los 14 meses en el Exp. de Verano. Ramos-Amezquita (1987) encuentra tallas promedio de 7.4 cm a los 8 meses de siembra en la modalidad de estantes en BSQ, pero no comparó el crecimiento en distintas zonas.

Moal (1989) menciona que los cultivos de *C. gigas* son afectados estacionalmente por cambios en la salinidad, turbidez, producción de fitoplancton y el ciclo de mareas. En BSQ las diferencias mas relevantes entre las dos estaciones es el tiempo de exposición al aire de los cultivos, debido a la acción combinada del ciclo de mareas y la escasa profundidad del cuerpo de agua. La diferencia promedio de temperaturas entre ambas localidades fué de 1.2 °C , mientras que la variación mensual dentro de una misma localidad fue de alrededor de 5 °C (verano). Por otra parte, Alvarez-Borrego y Alvarez-Borrego (1982) reportaron variaciones diurnas de temperatura de hasta 3 °C para los meses de verano en el interior de BSQ.

Lo anterior hace suponer que la temperatura integrada y la exposición al aire fueron los principales factores que influyeron en las tasas de crecimiento del ostión durante la fase de engorda. Los registros de este trabajo coinciden con los de Villarreal-Chávez (1993), quien menciona que la temperatura del agua presenta una clara tendencia a aumentar desde la Boca hacia la porción interna de BSQ. Esta tendencia se observa todo el año y es mas marcada durante el verano, cuando la diferencia de temperaturas superficiales entre los extremos de la bahía alcanza 3.8 °C en promedio, y en invierno la diferencia es de 0.6 °C . Por otra parte, la diferencia promedio en el tiempo de exposición entre ambas localidades fue del 17 %, lo cual podría ser significativo durante los meses mas calurosos (julio-sept.), cuando se

alcanzan temperaturas superficiales entre 19 y 25 °C y el tiempo mínimo de exposición en la Boca es de 49 h mes⁻¹, contra 62 h mes⁻¹ en la Cabeza. Los ostiones que se encuentran a diferentes niveles de marea experimentan considerables variaciones en el suministro de oxígeno durante un ciclo de marea. Durante exposición al aire los bivalvos recurren al metabolismo anaeróbico, el cual en términos energéticos es hasta siete veces menos eficiente que el metabolismo aeróbico, aún si los bivalvos desarrollan mecanismos compensatorios (Ahmad y Chaplin, 1977). En un experimento con *C. gigas* Moal *et al.* (1989) encontraron que ostiones que duraron 12 meses a tres diferentes profundidades exhibieron diferencias en crecimiento de hasta un 50 %.

Korringa (1976) menciona que la temperatura en las zonas de cultivo del ostión *C. gigas* en Japón varían entre 10 y 25 °C y la salinidad presenta un rango de 31 a 33 ppm, mientras que en EUA el cultivo se lleva a cabo en lugares donde la temperatura no excede los 15 °C y la salinidad varía entre 16 y 30 ‰. De acuerdo con Hugues-Games (1977) el ostión japonés puede crecer favorablemente hasta una salinidad de 41 ppm y una temperatura de 34 °C, mientras que Ochoa-Araiza y Fimbres-Peña (1984) reporta que en la laguna La Atanasia, Sonora el ostión japonés mostró un crecimiento lento a temperaturas entre 29.5 a 31.5 °C y el crecimiento fue mayor en los meses en que se registraron temperaturas menores de 24 °C. Malouf y Bresse (1977) mencionan que la fluctuación del crecimiento del ostión *C. gigas* es independiente de la temperatura y parece estar mayormente relacionado con los cambios cuantitativos de partículas de materia orgánica suspendidos en el agua, mientras que Grant *et al.* (1990) relacionan el crecimiento en *Mytilus edulis* con la resuspensión del sedimento. Las temperaturas de BSQ típicamente fluctúan entre 15

predadores en BSQ. Ya antes se ha descrito esta estrategia adaptativa para escalopas (García-Esquivel y Bricelj, 1995; Strieb *et al.*, 1995).

La tasa de crecimiento bruto (TCB) tiene un comportamiento muy diferente a la tasa de crecimiento relativo (TCR). La primera sigue un comportamiento lineal y se obtiene de la pendiente de la ecuación de regresión de los datos de talla contra el tiempo, mientras que la TCR sigue un comportamiento de tipo exponencial y se basa en el crecimiento con respecto a períodos cortos de tiempo (Malouf y Bricelj, 1989). En este caso se observa que juveniles pequeños tienen TCR altas pero conforme el organismo llega a la etapa de adulto dicha tasa decrece, de esta forma se pueden detectar los períodos en los cuales el crecimiento del ostión tiene un comportamiento diferente entre las dos zonas. Así, en el Exp. de Primavera la mayor diferencia en el crecimiento entre las dos estaciones ocurrió entre los días 80 y 170, mientras que en el Exp. de Verano la diferencia en tallas se dio principalmente entre los 30 y los 110 días de edad. Esta diferencia en el crecimiento puede estar dada por diferencias en la calidad del alimento o en el tiempo de desecación entre los cultivos de ambas estaciones (ver adelante).

La disminución del IC en los ostiones estudiados aquí se debe esencialmente al fenómeno de crecimiento en concha descrito arriba para organismos juveniles. De manera similar Acosta-Ruiz (1985) encontró que los factores de condición mas altos correspondieron a ostiones pequeños y aquellos que se encontraron en etapas avanzadas de madurez en BSQ. Asimismo, Terrazas-Gaxiola (1986) observó que generalmente el factor de condición de *C. gigas* fué mayor en la Boca que en Mina Vieja y asoció estas diferencias a la variación de temperatura, actividad reproductiva, alimento y época de siembra. Es importante aclarar que en el Exp. de Verano hubo una caída del IC en los ostiones de la Estación 2, el cual ya no pudo recuperarse (Fig.

10 d). En este caso particular las sartas con ostrillas (salidas de preengorda) se colocaron intermezcladas en un estante con sartas de ostiones adultos, lo que provocó que existiera una competencia por el alimento donde sacaron ventaja los organismos mas grandes. De esta manera aunque los ostiones siempre crecieron en concha no tuvieron el suficiente alimento para crecer en tejido.

Como ya se mencionó en este trabajo se encontró que el crecimiento en concha esta desfasado del crecimiento del tejido, principalmente en ostiones juvenes, este hecho tiene implicaciones sobre la información que nos da el IC. Típicamente podría interpretarse que los IC bajos en juveniles indican que estan sometidos a un estrés ambiental, lo cual no es completamente cierto ya que su energía la canalizan para crecimiento en concha. Por lo tanto el IC solo es confiable para evaluar la calidad en ostiones mayores de 6 cm, que es cuando el crecimiento en concha y tejido está mejor acoplado y se inicia el ciclo de la gametogénesis (empieza a "engordar" el ostión).

Asi como se observan cambios en la cantidad de tejido, se han encontrado cambios en su composición. Uno de los que mas regularmente cambia estacionalmente es el contenido de cenizas, este regularmente alterna entre valores altos en invierno y valores bajos en verano y está aparentemente relacionado con el crecimiento (Walne, 1974). En el presente trabajo no se analizaron las variaciones estacionales de los componentes bioquímicos, pero si fue claro que a) la cantidad de reservas energéticas no depende de la edad del organismo sino de la talla, y b) hubo una reversión en la proporción de lípidos y glucógeno acumulados por ostiones de la Boca y la Cabeza de BSQ. Aún cuando los organismos de la Est. 1 mostraron ligeramente menor proporción de proteínas que los de la Est. 2 no existen datos concluyentes para decir que dichas diferencias sean significativas. Actualmente se

analiza con mas detalle la variación temporal del contenido bioquímico de estos organismos (no publ.), con el fin de discriminar las diferencias en la proporción de cada componente bioquímico entre tallas y localidades. Lo anterior proveerá información detallada sobre la magnitud del papel que juega cada componente sobre el metabolismo energético de los organismos durante su desarrollo en el campo. Por otra parte hasta ahora las diferencias entre estaciones no pueden ser explicadas, por lo que se recomienda un estudio mas detallado para dilucidar diferencias/similitudes en el comportamiento bioquímico de los ostiones cultivados en distintas partes de BSQ.

En el presente estudio no se detectaron diferencias significativas en la concentración de clorofilas y seston entre la estación de la Boca y la Cabeza de BSQ. Sin embargo, Millan-Núñez *et al.*, (1982) mencionan que en la boca de BSQ la concentración de clorofila totales es hasta tres veces mayor que en los extremos interiores de la bahía. Resultados similares han sido reportados por Alvarez-Borrego y Nájera de Muñoz (1979). Los resultados anteriores difieren de los encontrados en el presente trabajo, sin embargo una limitante en nuestro caso es que solamente se obtuvieron datos puntuales y discretos en el tiempo (aprox. una vez por mes). En general se ha observado que en cuerpos costeros cerrados las fluctuaciones en los parámetros fisico-químicos dependen fuertemente de sus ciclos de marea y con esto del tiempo de residencia del agua, de aquí la necesidad de realizar mediciones continuas al menos durante un ciclo de marea para obtener datos confiables. Tal variabilidad quedó demostrada en las mediciones de pH, O₂ disuelto y salinidad en el presente estudio. Las diferencias encontradas no pudieron ser asociadas claramente a la localidad o profundidad de la muestra, ya que los cambios de marea en BSQ son tan rapidos que una diferencia de 30 minutos entre el muestreo de una estación y otra

es suficiente para cambiar significativamente las características de turbidez y profundidad de la columna de agua. Alvarez-Borrego y Nájera de Muñoz (1979) mencionan que la longitud de las series de tiempo de BSQ (17 días) permite hacer un análisis espectral para tratar de discriminar con claridad hasta las componentes diurnas y semi-diurnas de la variancia, y de esta manera se puede diferenciar el efecto de procesos o fenómenos con diferentes escalas de tiempo. Por lo tanto muestreos puntuales tienen una clara limitación ya que no reflejan las condiciones permanentes de la zona, sin embargo si pueden ser tomados en cuenta como una primera aproximación.

A pesar de que existen amplios antecedentes sobre el comportamiento de las variables fisico-químicas que afectan el desarrollo del ostión, es muy importante una evaluación continua de dichas variables con el fin de poder predecir a tiempo el impacto potencial sobre el desarrollo y fisiología de la especie en BSQ. Lo anterior proveerá información para mejorar la regulación de zonas ostrícolas y para un eficiente aprovechamiento del recurso.

7. CONCLUSIONES.

La eficiencia de fijación del ostión *Crassostrea giga* bajo condiciones de cultivo comercial en Bahía San Quintín (BSQ) fluctúa entre 14 y 27 %, y es independiente de la modalidad que se utilice (sarta o arpilla).

No se encontraron diferencias significativas en la mortalidad final de ostiones fijados al primero o tercer día. Los ostiones fijados durante las primeras 19 a 42 horas tuvieron ligeramente mayor mortalidad.

La mayor mortalidad del ostión (> 40 %) ocurre durante la fase de preengorda.

La mortalidad total de *C. gigas* durante el ciclo de producción en BSQ fluctúa entre 63 Y 87 % en la Est. 1 y 63 a 71 % en la Est. 2. La mortalidad es mayor en ostiones sembrados en primavera y menor en organismos sembrados en verano.

El tiempo en que el ostión de BSQ alcanza la talla comercial (9 cm) depende de la localidad: a) entre 8 y 9 meses en cultivos cercanos a la Boca del brazo "Bahía Falsa" (Esr. 1); b) entre 13 a 14 meses en la Cabeza (Est. 2).

El tiempo de exposición al aire del ostión cultivado es 17 % mayor en la Est. 2 que en la Est. 1.

El crecimiento de tejido de *C. gigas* esta desfasado del crecimiento en concha, por lo que se sugiere utilizar el IC únicamente en los ostiones mayores de 6 cm.

El contenido total de proteínas, lípidos y glucógeno presentes en el tejido de *C. gigas* depende de la talla, no de la edad del organismo.

Se recomiendan mediciones continuas de variables fisico-químicas para poder entender los mecanismos responsables de las diferencias encontradas entre ostiones cultivados en la Boca y la Cabeza de BSQ.

8. REFERENCIAS.

- Acosta-Ruiz, M. de J. 1985. Eficiencia nutricional del ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg) en Bahía San Quintín e Isla San Martín, Baja California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior. Ensenada, B.C. México. 96 p.
- Alvarez-Borrego, S. y S. Nájera-de Muñoz. 1979. Series de tiempo de fitoplancton en dos lagunas costeras de Baja California. *Ciencias Marinas* 6: 75-88.
- Alvarez-Borrego, J. y S. Alvarez-Borrego. 1982. Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. *CalCOFI Rep.* 23:188-197.
- Ahmad, T.A. y A.E. Chaplin. 1977. The intermediary metabolism of *Mytilus edulis* (L.) and *Cerastoderma edule* (L.) during exposure to the atmosphere. *Biochem. Soc. Trans.* 5: 1320-1323.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. K. Helrich (ed.). pp. 74. Association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, Virginia, USA.
- Askew, C.G. 1972. The growth of oysters *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Emsworth Harbour. *Aquaculture*. 1: 237-259.
- Austin, H.; D. S. Haven y M.S. Moustafa. 1993. The relationship between trends in a condition index of the american oyster, *Crassostrea virginica*, and environmental parameters in three Virginia estuaries. *Estuaries*. 16(2): 362-374.
- Barber, B.J. y N.J. Blake. 1991. Reproductive physiology. En: *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. S.E. Shumway (ed.). Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 21. Elsevier, Amsterdam. 377-428 pp.
- Bardach, J.E.; J.H. Ryther y W.O. McLarney. 1972. *Aquaculture: the farming and husbandry of freshwater and marine organism*. Wiley Sons, New York. 868 pp.
- Barnard, J.L. 1962. Benthic marine exploration of Bahía San Quintín, Baja California, 1960-61. *Pacific Naturalist*. 3: 253-274.
- Bartlett, B.R. 1979. Biochemical changes in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) during larval development and metamorphosis. *Proc. Natl. Shellfish Assoc.* 69: 202. (Resumen).
- Berg, J.A. y R.I.E. Newell. 1986. Temporal and spatial variations in the composition of seston available to the suspension feeder *Crassostrea virginica*. *Est. Coast. Shelf Sci.* 23: 375-386.
- Bligh, E.G. y W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37: 911-917.

- Bourne, N. 1979. Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in British Columbia and South Pacific Islands. En: Exotic Species in Mariculture. R. Mann (ed.) 1-53 pp.
- Breese, W.P. y R.E. Malouf. 1975. Hatchery Manual for the Pacific Oyster. Oregon Agricultural Experimental Station Special Report No. 443, and Oregon State University Sea Grant College Program Publication No. ORESU-H-75-002. 22 pp.
- Bricelj, V.M.; R.E. Malouf y C. de Quillfeldt. 1984. Growth of juvenile *Mercenaria mercenaria* and the effect of resuspended bottom sediments. Mar. Biol. 84: 167-173.
- Crosby, M.P. y L.D. Gale. 1990. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. J. Shellfish Res. 9(1): 233-237.
- Dinamani, P. 1987. Gametogenic patterns in populations of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Northland, New Zealand. Aquaculture. 64: 65-76.
- Fegley, S.R.; B. A. MacDonald y T.R. Jacobsen. 1992. Short-term variation in the quantity and quality of seston available to benthic suspension feeders. Est. Coast. Shelf Sci. 34: 393-412.
- Ferreiro, M.J.; A. Pérez-Camacho; U. Labarta; R. Beiras; M. Planas y M.J. Fernández-Reiriz. 1990. Changes in the biochemical composition of *Ostrea edulis* larvae fed on different food regimes. Mar. Biol. 106: 395-401.
- Gabbott, P.A. 1975. Storage cycles in marine bivalve molluscs: A hypothesis concerning the relationship between glycogen metabolism and gametogenesis. En: Ninth European Marine Biology, Symposium. H. Barnes (ed). Editorial Aberdeen Univ. Press, Aberdeen. 191-211 pp.
- Gabbott, P.A. 1983. Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs. En: The Mollusca, Vol. 2. P.W. Hochachka (ed.). Editorial Academic Press, New York. 165-217 pp.
- Gallager, S.M. y R. Mann. 1986. Growth and survival of larvae of *Mercenaria mercenaria* (L.) and *Crassostrea virginica* (Gmelin) relative to broodstock conditioning and lipid content of eggs. Aquaculture. 56: 105-121.
- Galtsoff, P.S. 1964. The American oyster, *Crassostrea virginica*, Gmelin. U.S. Fish and Wildlife Service, Fishery Bull. 64. Washington, D.C. 480 pp.
- García-Esquivel, Z. y V.M. Bricelj. 1995. Ontogenic changes in microhabitat distribution of juvenile bay scallops, *Argopecten irradians irradians* (L.), in eelgrass beds, and their potential significance to early recruitment. Biol. Bull. 185: 42-55.
- Gerdes, D. 1983. The Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Part I. Feeding behaviour of larvae and adults. Aquaculture. 31: 195-219.

- Grant, J.; C.T. Enright y A. Griswold. 1990. Resuspension and growth of *Ostrea edulis*: a field experiment. *Mar. Biol.* 104: 51-59.
- Haws, M.C.; L. DiMichele y S.C. Hand. 1993. Biochemical changes and mortality during metamorphosis of the Eastern oyster, *Crassostrea virginica*, and the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Molec. Mar. Biol. Biotechnology*. 2(4): 207-217.
- Helm, M.M.; D.L. Holland y R.R. Stephenson. 1973. The effect of supplementary algal feeding of a hatchery breeding stock of *Ostrea edulis* L. on larval vigour. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 53: 673-684.
- Hernández-González, E.M. 1989. Descripción de el desarrollo gonádico en *Crassostrea gigas* (ostión japonés) de campo y laboratorio. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- Higgins, E. 1938. Report of the commissioner of fisheries for the fiscal year 1938. Apendix 1. Administrative Report No. 300. U.S. Bureau of Fisheries, Washington, D.C. 70 pp.
- Holland, D.L. 1978. Lipid reserves and energy metabolism in the larvae of benthic marine invertebrates. (En) *Biochemical and Biophysical Perspectives in Marine Biology*. D.C. Malins y R. Sargent (eds.) Academic Press. Vol. 4. 85-123 pp.
- Holland, D.L. y B.E. Spencer. 1973. Biochemical changes in fed and starved oysters, *Ostrea edulis* L. during larval development, metamorphosis and early spat growth. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 53: 287-298.
- Holland, D.L. y P.J. Hannant 1974. Biochemical changes during growth of the spat of the oyster, *Ostrea edulis* L. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 54: 1007-1016.
- Holm-Hansen, O.; C.J. Lorenzen; R.W. Holms y J.D.H. Strickland. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 30: 3-15.
- Hughes-Games, W.L. 1977. Growing the japanese oyster (*Crassostrea gigas*) in sub-tropical seawater fish ponds. I. Growth rate, survival and quality index. *Aquaculture*. 11: 217-229.
- Inclán-Rivadeneira, R. y M.J. Acosta-Ruiz. 1989. La comunidad incrustante en balsas para el cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas* en bahía San Quintín, México. *Ciencias Marinas*. 15(1): 21-38.
- Islas-Olivares, R. 1975. El ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Baja California. *Ciencias Marinas*. 7(1): 103-128.
- Islas-Olivares, R. 1976. Cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas* en Bahía San Quintín, Baja California. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- Islas-Olivares, R.; V. Gendrop-Funes y M. Miranda-Aguilar. 1978. Infraestructura básica para la obtención de larvas (semilla) de ostión japonés (*Crassostrea*

- gigas*) y ostión europeo (*Ostrea edulis*) en Baja California. Ciencias Marinas. 5(2): 73-86.
- Jaime-Silva, D.R. 1974. Cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas*, Thunberg, 1775 (Mollusca: Eulamellibranchia) en el Estero de Punta Banda de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México. 21 pp.
- Jones, G. y B. Jones. 1983. Methods for Setting Hatchery Produced Oyster Larvae. Information Report No. 4, Marine Resources Branch, Ministry of Environmental, B.C., Canada. 94 pp.
- Koganezawa, A. 1979. The Status of Pacific Oyster Culture in Japan. FAO. Advances in Aquaculture. Fishing News Books. Ltd.
- Korringa, P. 1976. Farming the Cupped Oysters of the Genus *Crassostrea*. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 2. Elsevier. Amsterdam. 3-32 pp.
- Laing, I.; S.D. Utting y R.W.S. Kolada. 1987. Interactive effect of diet and temperature on the growth of juvenile clams. J. exp. mar. Biol. Ecol. 113: 23-38.
- Lara-Lara, J.R. y S. Alvarez-Borrego. 1975. Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, Baja California. Ciencias Marinas. 2(1): 77-97.
- Lara-Lara, J.R. 1979. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. Tesis Maestría. Oregon State University, Corvallis OR. 59 pp.
- Lucas, A. y P.G. Beninger. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. Aquaculture. 44: 187-200.
- 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.
- Malouf, R.E. y V.M. Bricelj. 1989. Comparative biology of clams: environmental tolerances, feeding, and growth. (En): Clam Mariculture in North America. J.J. Manzi y M. Castagna (eds). Elsevier Science Publishers. Amsterdam. 23-73 pp.
- McCave, I.N. 1979. Suspended sediment. (En): Estuarine Hydrography and Sedimentation. A Handbook. K.R. Dyer (ed). Cambridge University Press. 131-185 pp.
- Millan-Núñez, R.; S. Alvarez-Borrego y D.M. Nelson. 1982. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. Est. Coast. Shelf Sci. 15: 317-335.
- Moal, J.; J.F. Samain; J.R. Lecoz y J.Y. Daniel. Responses and adaptations of adenylate energy charge and digestive enzyme activities to tidal emersion of

- Crassostrea gigas* population in Marennes-Oleron Bay. (En): Topics in Marine Biology. J.D. Ros (ed). Scient Mar. 53(2): 699-704.
- Møhlenberg, F. y T. Kiørboe. 1981. Growth and energetics in *Spisula subtruncata* (Da Costa) and the effect of suspended bottom material. *Ophelia*. 20(1): 79-90.
- Nascimento, I.A. y S. Andrade-Pereira. 1980. Changes in the condition index for mangrove oysters (*Crassoostrea rhizophorae*) from Todos los Santos Bay, Salvador, Brazil. *Aquaculture*. 20: 9-15.
- Newell, R.I.E.; T.J. Hilbish; R.K. Koehn y C.J. Newell. 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. *Biol. Bull.* 130: 118-134.
- Newell, R.I.E. y S.J. Jordan. 1983. Preferential ingestion of organic material by the American oyster *Crassostrea virginica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 13: 44-53.
- Ochoa-Araiza, G. y M.T. Fimbres-Peña. 1984. Evaluación de temperatura, salinidad y crecimiento del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en una laguna costera del estado de Sonora, México. *Ciencias Marinas*. 10(3): 7-16.
- Oviatt, C.A. y S.W. Nixon. 1975. Sediment resuspension and deposition in Narragansett Bay. *Est. Coast. Mar. Sci.* 3: 201-217.
- Paniagua-Chávez, C.G. 1988. Desarrollo gonadal de la especie *Crassostrea gigas* en Bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México. 84 pp.
- Paniagua-Chávez, C.G. y M. de J. Acosta-Ruiz. 1995. Desarrollo gonadal de *Crassostrea gigas* en Bahía San Quintín, Baja California, México. *Ciencias Marinas*. 20(2): 225-242.
- Pfleiderer, G. 1993. Gyclogen. Determination as d-glucose with hexokinase, pyruvic kinase and lactic dehydrogenase. (En): *Methods of Enzymatic Analysis*. H.U. Bergmeyer (ed). 3rd Ed. pp. 59-64.
- Polanco, J.E.; S.R. Mimbela; M.L. Belendez; M.A. Flores y A.L. Reinoso-Alvarez. 1988. Situación actual del cultivo de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en el noroeste de México. (En): *Situación Actual de las Principales Pesquerías Mexicanas*. Secretaria de Pesca. 219-248 pp.
- Rainer, J.S. y R. Mann. 1992. A comparison of methods for calculating condition index in Eastern oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791). *J. Shellfish Res.* 11(1): 55-58.
- Ramos-Amézquita, H.R. 1987. Determinación del arte mas rentable para el cultivo a nivel comercial del ostión japonés *Crassostrea gigas*, en la Bahía de San Quintín. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., México. 157 pp.

- Rodhouse, P.G.; C.M. Roden; M.P. Hensey y T.H. Ryan. 1984. Resource allocation in *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture. *Mar. Biol.* 84: 27-34.
- Rodríguez, J.L.; F.J. Sedano; L.O. García-Martín; A. Pérez-Camacho y J.L. Sánchez. 1990. Energy metabolism of newly settled *Ostrea edulis* spat during metamorphosis. *Mar. Biol.* 106: 109-111.
- Ruiz, C.; M. Abad; F. Sedano; L.O. García-Martín y J.L. Sánchez-López. 1992. Influence of seasonal environmental changes on the gamete production and biochemical composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in suspended culture in El Grove, Galicia, Spain. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 155: 249-262.
- Sastry, A.N. 1965. The development and external morphology of pelagic larval and post-larval stages of the bay scallop, *Aequipecten irradians concentricus* Say, reared in the laboratory. *Bull. Mar. Sci.* 15: 417-435.
- Spencer, B.E. y C.J. Gough. 1978. The growth and survival of experimental batches of hatchery-reared spat of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg, using different methods of tray cultivation. *Aquaculture.* 13: 293-312.
- Strieb, M.D.; V.M. Bricelj y S.I. Bauer. 1995. Population biology of the mud crab, *Dyspanopeus sayi*, an important predator of juvenile bay scallops in Long Island (USA) eelgrass beds. *J. Shellfish Res.* 14(2): 347-357.
- Terrazas-Gaxiola, J.R. 1986. Siembra y cosecha experimental continúa de ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg), durante un ciclo anual en Bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior. Ensenada, B.C. México. 85 p.
- Thompson, J.K. y F.H. Nichols. 1988. Food availability controls seasonal cycle of growth in *Macoma balthica* (L.) in San Francisco Bay, California. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 116: 43-61.
- Torres-Fernández, V.H. 1987. Bases para el establecimiento de un distrito acuacultural en Bahía Falsa B.C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C. Ensenada, B.C., México. 87 p.
- Urban, E.R. y D.L. Krichman. 1992. Effect of kaolinite clay on the feeding activity of the eastern oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 160: 47-60.
- Utting, S.D. 1986. A preliminary study on growth of *Crassostrea gigas* larvae and spat in relation to dietary protein. *Aquaculture.* 56: 123-138.
- Utting, S.D. 1988. The growth and survival of hatchery-reared *Ostrea edulis* L. spat in relation to environmental conditions at the on-growing site. *Aquaculture.* 69: 27-38.
- Vahl, O. 1980. Seasonal variations in seston and the growth rate of the Icelandic scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Muller) from Balsfjord, 70 N. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 48: 195-204.

- Villarreal-Chávez, G. 1993. Impacto ambiental de un cultivo del ostión *Crassostrea gigas* en Bahía Falsa, Baja California, México. Tesis de Doctorado. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 60 pp.
- Walne, P.R. 1958. Growth of oyster (*Ostrea edulis* L.). J. Mar. Biol. Ass. U.K. 37: 591-602.
- Walne, P.R. 1961. Observations on the mortality of *Ostrea edulis*. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 41: 113-122.
- Walne, P.R. 1974. Culture of Bivalve Molluscs. 50 years' experience at Conwy. Fishing News Books Ltd. Inglaterra. 190 p.
- Walne, P.R. y P.F. Millican. 1978. The condition index and organic content of small oyster spat. J. Cons. Int. Rxplor. Mer. 38(2): 230-233.
- Westley, R.E. 1967. Some relationships between Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) condition and environment. Proc. Natl. Shellfish Assoc. 55: 19-33.
- Widdows, J.; P. Feith y C.M. Worrall. 1979. Relationships between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 50: 195-207.
- Whyte, J.N.C.; J.R. Englar y B.L. Carswell. 1990. Biochemical composition and energy reserves in *Crassostrea gigas* exposed to different levels of nutrition. Aquaculture. 90: 157-172.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Ed. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 718 pp.