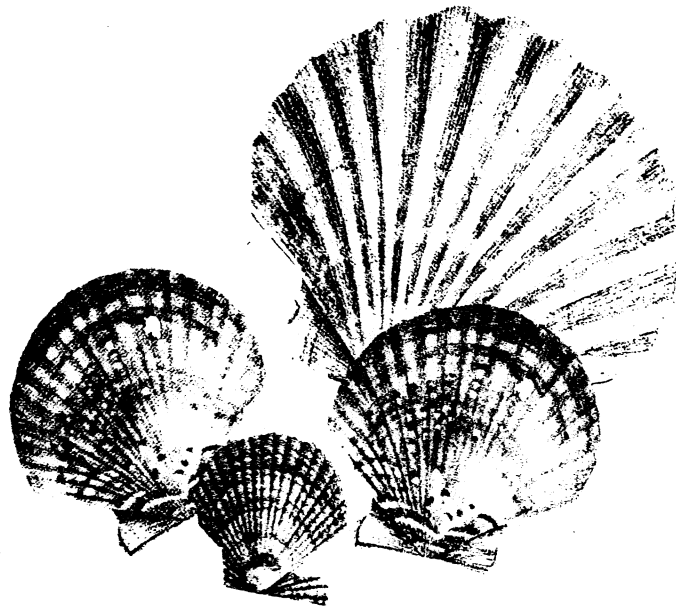


# Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ciencias Marinas  
Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Efecto del flujo y concentración de alimento sobre  
el crecimiento, el peso y la tasa de filtración de  
escalopas juveniles (*Lyropecten subnodosus*)



TESIS

que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
presenta


**Griselda Parés Sierra**

Ensenada, B.C. Junio de 1996

**EFFECTO DEL FLUJO Y CONCENTRACION  
DE ALIMENTO SOBRE EL CRECIMIENTO, EL PESO  
Y LA TASA DE FILTRACION DE ESCALOPAS  
JUVENILES (*Lyropecten subnodosus*).**

TESIS  
QUE PRESENTA:

**Griselda Martha Parés Sierra**

  
M.C. Zaúl García Esquivel  
Presidente del Jurado

  
Dr. Fernando Díaz Herrera

Sinodal

  
Dr. Francisco Correa Sandoval

Sinodal

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco de una forma muy especial a Zaúl García Esquivel por la dirección de este trabajo, por su apoyo en cualquier momento, por ser una persona tan accesible. **GRACIAS.**

A Luis García Pámanes por permitirme realizar este trabajo dentro del proyecto "Desarrollo de tecnología para el cultivo de la almeja Mano de León *Lyropecten subnodosus*" y por su ayuda incondicional bajo cualquier circunstancia **MUCHAS GRACIAS.**

A los sinodales Dr. Francisco Correa y Dr. Fernando Díaz por sus valiosas sugerencias y comentarios.

A Lewis "McAnally" por su amistad, por su ayuda y **paciencia** como siempre en todo lo de la computadora.

A mis grandes amigos Lorena y Martín, ya saben **GRACIAS.**

Al "Cumi" por estar siempre tan dispuesto a ayudar.

Al Oc. Fernando García Pámanes por su tiempo y valiosas sugerencias en la planeación de este trabajo.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas que como parte de la Universidad Autónoma de Baja California me permitió la realización de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por su apoyo económico durante los estudios de maestría.

## RESUMEN

Se cuantificaron las tasas de filtración **TF** ( $\text{ml.org.hr}^{-1}$ ) e ingestión **TI** ( $\mu\text{g.org.hr}^{-1}$ ) de los juveniles de la escalopa *Lyropecten subnodosus* en función de la concentración de alimento *Isochrysis galbana* (**1** = 102, **2** = 70 y **3** =  $34 \times 10^3 \text{ cel. ml}^{-1}$ ) en sistemas estáticos, con el fin de conocer algunos requerimientos fisiológicos y nutricionales en su etapa de precría. Además se utilizó un sistema de canales con recirculación de agua para determinar el efecto de diferentes velocidades de flujo (**0,5,10 y 15 cm.seg<sup>-1</sup>**) y la orientación de los juveniles a la corriente (**favor, contra, vertical y sueltas**) sobre el crecimiento y el peso de los organismos. Se utilizó el mismo sistema de canales a una velocidad de flujo de 10 cm.seg<sup>-1</sup> para encontrar el efecto de la concentración de alimento (**0,33,66 y 100 x 10<sup>3</sup> cel.ml<sup>-1</sup>**) sobre el crecimiento y el peso de los juveniles de las escalopas. Los resultados demostraron que los juveniles de las escalopas regulan su TF en respuesta a la concentración de alimento y mantienen una TI relativamente constante a concentraciones  $> 100 \text{ cel.ml}^{-1}$  (TF1 = 0.07, TF2 = 7.4 y TF3 = 17.4) (TI1 = 0.16, TI2 = 12 y TI3 = 13). Los organismos orientados a favor de la corriente se ven favorecidos en el peso y la tasa de crecimiento en un intervalo de 5 - 10 cm.seg<sup>-1</sup>. A velocidades mayores se reduce tanto la tasa de crecimiento como el peso. La tendencia en el crecimiento y el peso de los juveniles es de disminuir a una concentración de alimento de  $100 \times 10^3 \text{ cel.ml}^{-1}$ . La concentración de  $33 \times 10^3 \text{ cel.ml}^{-1}$  asegura un crecimiento máximo. Los valores en el peso del tejido y longitud de la concha son significativamente menores en las escalopas cultivadas de forma estática que con flujo de agua. De lo anterior se concluye que los juveniles de las escalopas de *Lyropecten subnodosus* pueden cultivarse de manera exitosa en sistemas con flujos de agua que no excedan los 10 cm.seg<sup>-1</sup> y concentraciones de alimento de  $33 \times 10^3 \text{ cel.ml}^{-1}$  o menores.

<b>1. INTRODUCCION</b>	1
<b>2. ANTECEDENTES</b>	6
<b>3. OBJETIVOS</b>	10
<b>4. MATERIALES Y METODOS</b>	11
4.1. Obtención de la semilla de <i>Lyropecten subnodosus</i>	11
4.2. Experimentos realizados	12
4.2.1. Tasas de Filtración e Ingestión	12
4.2.2. Velocidad de flujo y orientación de la semilla	16
4.2.3. Ración alimenticia	21
4.3. Análisis estadístico	21
<b>5. RESULTADOS</b>	23
5.1. Tasas de Filtración e Ingestión	23
5.2. Velocidad de flujo y orientación de la semilla	26
5.3. Ración alimenticia	31
<b>6. DISCUSION</b>	34
6.1. Tasas de Filtración e Ingestión	34
6.2. Efecto del Flujo y posición de la semilla	38
6.3. Diferentes raciones de alimento	40
<b>7. CONCLUSIONES</b>	43
<b>8. LITERATURA CITADA</b>	44

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Representación esquemática del movimiento de agua y las partículas a lo largo del manto de <i>Pecten maximus</i> .	3
2	Esquema general del ciclo de vida de las escalopas.	13
3	Representación esquemática del modelo experimental utilizado para la obtención de la tasa de filtración de juveniles de <i>Lyropecten subnodosus</i> .	14
4	Esquema del sistema de canales experimentales para el cultivo de juveniles de la escalopa <i>Lyropecten subnodosus</i> .	17
5	Orientación de los juveniles de <i>Lyropecten subnodosus</i> hacia la dirección del flujo de agua en los canales experimentales.	19
6	Cambios en la concentración de alimento ( <i>Isochrysis galbana</i> ) producidos por juveniles de <i>Lyropecten subnodosus</i> a partir de tres concentraciones iniciales.	24
7	Relación entre TF, TI y concentración de alimento ( <i>Isochrysis galbana</i> ) para los juveniles de <i>Lyropecten subnodosus</i> .	25
8	Talla final de juveniles de <i>Lyropecten subnodosus</i> sometidos a diferentes flujos de agua y orientados en distintas posiciones con respecto a la corriente.	28
9	Cambio en el peso seco del tejido de juveniles de <i>Lyropecten subnodosus</i> sometidos a diferentes flujos de agua y orientados en distintas posiciones con respecto a la corriente.	29
10	Talla final y peso seco del tejido de juveniles de <i>Lyropecten subnodosus</i> alimentados a diferentes raciones.	32

## LISTA DE TABLAS

TABLA		Página
1	Tasas de filtración e ingestión de la semilla de <i>Lyropecten subnodosus</i> a diferentes concentraciones de <i>I. galbana</i> .	26
2	Tasa de crecimiento específico (%.día) $\pm$ ES, de semilla de <i>Lyropecten subnodosus</i> cultivada a diferentes flujos y diferentes posiciones.	30
3	Tasa de crecimiento bruto (mm.día) $\pm$ ES, de semilla de <i>Lyropecten subnodosus</i> cultivada a diferentes flujos y diferentes posiciones.	30
4	Tasa de crecimiento específico (%.día) y tasa de crecimiento bruto (mm.día) de semilla de <i>Lyropecten subnodosus</i> cultivada bajo diferentes raciones alimenticias	33

# **Efecto del flujo y concentración de alimento sobre el crecimiento, el peso y la tasa de filtración de escalopas juveniles (*Lyropecten subnodosus*).**

## **1. INTRODUCCION**

El cultivo de bivalvos marinos en la etapa de precría, es un paso intermedio entre la producción de larvas en el laboratorio y el crecimiento en el campo. El propósito en este periodo es cultivar la semilla desde unos pocos mm hasta 1 - 2 cm en el menor tiempo posible, a la densidad más alta y al menor costo. Uno de los principales problemas dentro de esta etapa de cultivo es poder proveerles la cantidad conveniente de alimento a los juveniles, en función del flujo, la densidad y la temperatura (Claus, 1981).

Para cualquier organismo que sea filtroalimentador, el proceso de alimentación puede dividirse en cuatro pasos (LaBarbera, 1981):

- Transporte del agua a través de las estructuras filtradoras.
- Separación de las partículas del medio (captura).
- Transporte de las partículas capturadas desde los órganos filtradores a la boca.
- Ingestión

La tasa de filtración (TF), que es definida como el volumen de agua filtrada libre de partículas por unidad de tiempo, se confunde frecuentemente con la tasa de bombeo (TB), que es el volumen de agua que pasa a través de

las branquias por unidad de tiempo. Cuando la eficiencia de retención es del 100%, entonces la TF es igual a la TB. En este caso, y en ausencia de pseudoheces, la TF puede utilizarse para medir directamente el peso del alimento ingerido por el animal (tasa de ingestión = TI), ya que la  $TI = TF \times$  concentración de alimento. Cuando existe producción de pseudoheces (P),  $TI = (TF \times$  concentración de alimento) - P (Winter, 1978).

La velocidad del flujo de agua y la concentración de alimento determinan en bivalvos filtroalimentadores el suplemento alimenticio, la tasa y la eficiencia de captura de partículas y, en algunos casos, su comportamiento alimenticio (Wildish *et al.*, 1987; Cahalan *et al.*, 1989).

En contraste con otros bivalvos, los pectínidos son filtroalimentadores ciliados que no presentan regiones especializadas del manto que formen sifones; las corrientes inhalantes y exhalantes siguen una trayectoria definida debido a la dirección del movimiento de los cilios de las branquias y del manto (Hartnoll, 1967). El agua entra a la cavidad del manto a lo largo del límite ventral y anterior y sale a través de la abertura posterior. Las partículas son atrapadas por los cilios y mucus de la región de la superficie branquial, formándose un "hilo" de mucus y partículas que la misma corriente de agua transporta hacia la boca (Figura 1). Se conoce que algunos pectínidos como *Pecten maximus* y *Placopecten magellanicus* tienden a orientarse hacia la corriente de agua para incrementar su tasa de filtración (Hartnoll, 1967; Caddy, 1968). Orientando la abertura inhalante hacia el flujo, estos organismos pueden mejorar el gradiente de presión sobre el área de las branquias, forzando a que el agua pase a través de la cavidad del manto (Jorgensen *et al.*, 1986). Esto representa un mecanismo de filtración semipasivo. Conforme el flujo se incrementa, los volúmenes de agua se fuerzan a través del manto y la presión excede la capacidad de filtración de las branquias. En este punto, el agua es desviada alrededor de las branquias, los márgenes del manto se constriñen y la tasa de bombeo decrece (Wildish *et al.*, 1987).

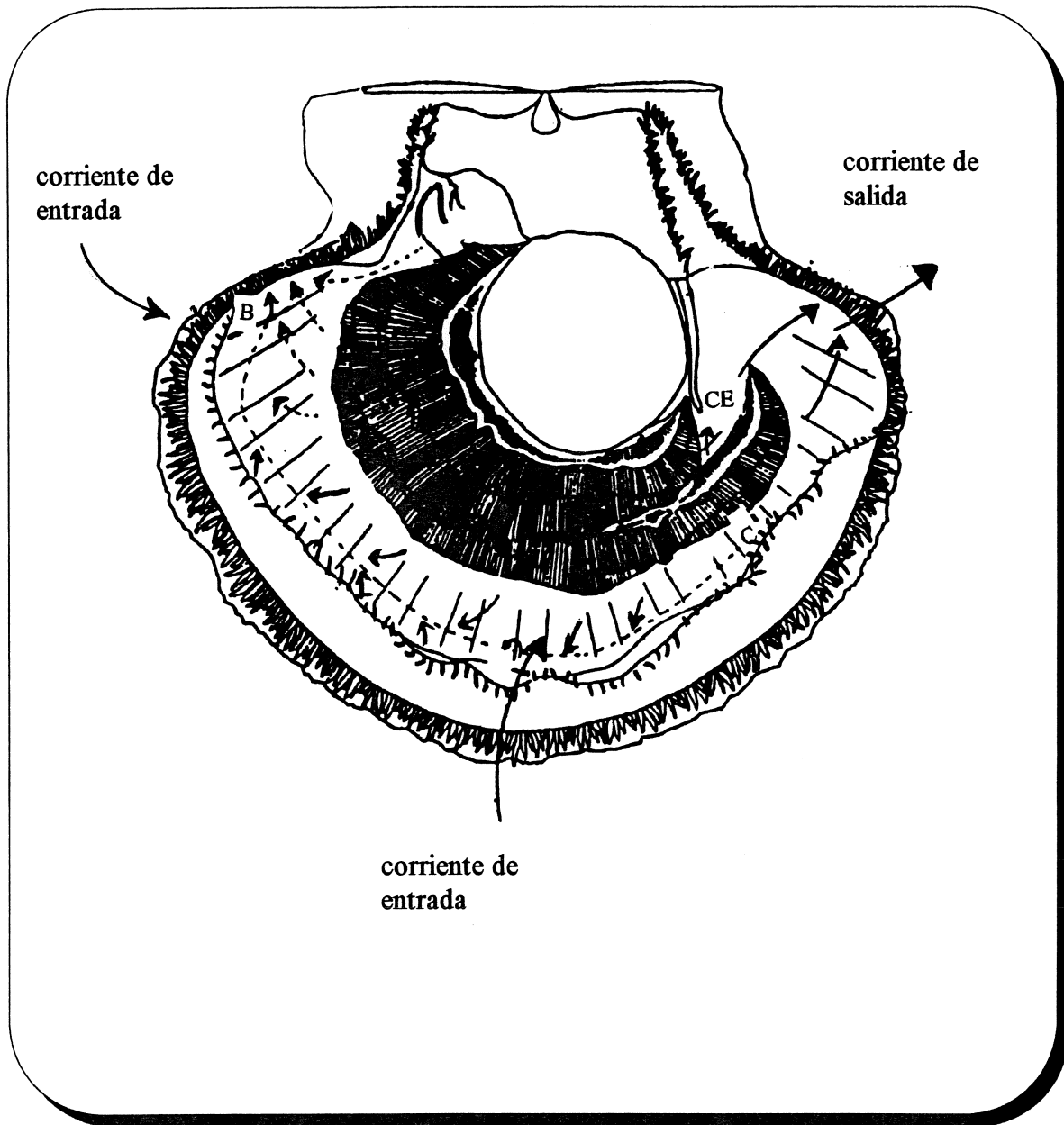


Figura 1. Representación esquemática del movimiento de agua y las partículas a lo largo del manto de *Pecten maximus*. Las flechas pequeñas indican el movimiento de los cilios del manto, la flecha que va de C a B muestra el patrón principal de movimiento de partículas en el manto. CE corriente exhalante.

Se ha documentado que un exceso en la velocidad del agua trae como consecuencia un menor crecimiento en los organismos debido a una inhibición en la filtración y por tanto en la alimentación . Los mecanismos por lo cual esto sucede no están completamente esclarecidos. Sin embargo, Wildish y Saulnier, (1993) analizaron cuatro teorías basadas en los posibles mecanismos por lo que la filtración es inhibida por la velocidad del agua para la escalopa gigante *Placopecten magellanicus*:

- **Presión Diferencial.** Cuando la presión del agua de mar en la abertura inhalante excede la presión de la abertura exhalante por una cantidad mayor que la presión desarrollada por el bombeo de los cilios de la escalopa. El organismo, cierra parcialmente las valvas y reduce el volumen que entra, por lo tanto, se limita la filtración así como también se reduce la presión diferencial.
- **Cambio en la eficiencia de retención de las branquias.** Reduciendo la eficiencia de retención de las branquias en velocidades de agua altas se reduce la filtración y alimentación. Esta disminución en la eficiencia puede llevarse a cabo desviando de las branquias una porción del volumen de agua que entra (Jorgensen, 1990).
- **Inestabilidad de comportamiento.** Cuando la velocidad del agua se incrementa, los organismos en respuesta tienden a cerrar sus valvas ya que el agua ejerce presión sobre la valva superior izquierda y son susceptibles a ser aventados hacia otro lado.
- **Control fisiológico.** Los organismos controlan el cierre de las valvas y la reducción del volumen palial para optimizar la alimentación en respuesta a la concentración del seston.

Incrementándose la concentración de alimento, se produce un aumento en el crecimiento hasta cierta concentración, ya que después de ésta la tasa de crecimiento declina; a concentraciones muy altas, la tasa de ingestión se vé

limitada por la capacidad de las branquias de filtrar partículas del medio (Winter, 1978).

A concentraciones muy bajas de alimento, los organismos pueden bombear a una tasa muy baja, sólo para cumplir con la demanda respiratoria pero no alimenticia.

A concentraciones de alimento altas, los moluscos bivalvos típicamente regulan la ingestión de partículas aumentando la cantidad de material capturado pero no ingerido (producción de pseudoheces) o reduciendo su tasa de bombeo (Foster - Smith, 1975). Por lo tanto, una concentración óptima de alimento no necesariamente significa la más alta concentración, sino aquella que produzca la máxima eficiencia de crecimiento bruto, o bien aquella que maximiza la tasa de crecimiento específico (Malouf y Bricelj, 1989).

## 2. ANTECEDENTES

En bivalvos filtroalimentadores la cantidad de alimento disponible está en función de la eficiencia con la cual son retenidas las partículas por las branquias. Esta eficiencia de retención de partículas no es la misma entre diferentes especies de bivalvos. Los estadios postlarvales son capaces de retener partículas arriba de 3 - 4  $\mu\text{m}$  con 100 % de retención y la eficiencia disminuye cuando disminuye el tamaño (de 35 - 90% para partículas de 2  $\mu\text{m}$ ) (Riisgard, 1988). En contraste, el límite de retención efectiva en algunos de los pectínidos estudiados es cerca de 5 - 7  $\mu\text{m}$ , variando de especie a especie. La baja retención de partículas pequeñas que poseen los pectínidos se atribuye al poco desarrollo de la banda ciliar latero-frontal de las branquias (Mohlenberg y Riisgard, 1978).

La actividad filtroalimentadora está en función de la concentración de células; esto indica que los bivalvos regulan la cantidad de agua filtrada libre de partículas (Winter, 1978).

Winter (1973), encontró un comportamiento similar en todos los organismos filtro-alimentadores que estudió. Partiendo de concentraciones muy bajas, la tasa de filtración aumenta rápidamente hasta un punto en donde ésta se mantiene constante; así permanece hasta alcanzar la concentración de alimento en donde la máxima cantidad de alimento es ingerida, cuando esto sucede, la tasa de filtración decrece de manera que la tasa de ingestión se mantenga constante. Este patrón permanece sin cambiar hasta que se producen pseudoheces. A concentraciones más altas tanto la tasa de filtración decrece como la tasa de ingestión. Los puntos de inferencia en este proceso varían según la especie de bivalvo de que se trate.

Una relación inversa entre la tasa de filtración y concentración de células encontró Winter (1969) para *Arctica islandica* (74% de reducción entre 10 y 40 cel .  $\mu\text{l}^{-1}$  de *Chlamydomonas* spp . ) y para *Mercenaria mercenaria* (55% de reducción entre 20 y 150 cel .  $\mu\text{l}^{-1}$  de *Pseudoisochrysis paradoxa*

(Bricelj y Malouf, 1984). La tasa de filtración de juveniles (5 mm) "hard clam" *Mercenaria mercenaria* declinó en un 87% y 96% entre 10 y 180 cel .  $\mu\text{l}^{-1}$  de *Isochrysis galbana* y *Phaeodactylum tricornutum* respectivamente. De la misma manera las almejas europeas *Cerastoderma edule* y *Venerupis pullastra* alimentadas con *P. tricornutum*, redujeron su tasa de filtración a concentraciones mayores de 200 cel .  $\mu\text{l}^{-1}$  declinando en un 90% a 800 cel .  $\mu\text{l}^{-1}$ , la concentración más alta experimentada (Foster-Smith, 1975).

Winter (1973), mostró que *Mytilus edulis* regula la tasa de filtración en un intervalo de concentración de la microalga *Dunaliella marina* de 10 - 40 x  $10^3$  cel .  $\text{ml}^{-1}$ . Gerdes (1983), encontró para *Crassostrea gigas* que su tasa de filtración disminuyó al aumentar las densidades algales (en razón 3: 2 : 1 aumentando de 50, 75 y 100 x  $10^3$  cel .  $\text{ml}^{-1}$  de *Isochrysis galbana*), demostrando que esta especie puede regular la tasa de filtración en este intervalo de concentraciones.

Cahalan *et al.* (1989) encontraron para *Argopecten irradians* que el efecto de la concentración algal fué más pronunciado que el efecto de la velocidad del flujo, sugiriendo que las diferencias en el crecimiento fué el resultado de las diferencias en la concentración de alimento.

Wildish y Saulnier (1992), mostraron que no hubo diferencias en las tasas de crecimiento entre juveniles y adultos de *Placopecten magellanicus* a una velocidad óptima de 10 cm .  $\text{seg}^{-1}$ , bajo las mismas condiciones de cultivo.

No existe una evidencia convincente de que los factores como la velocidad de la corriente son importantes para controlar el crecimiento de las poblaciones de bivalvos filtroalimentadores, ya que existen resultados aparentemente contradictorios (Wildish y Kristmanson , 1975). Velocidades de corrientes altas pueden potencialmente reducir el crecimiento inhibiendo la actividad alimenticia de las escalopas. Walne (1972), encontró que juveniles de los bivalvos *Mytilus edulis*, *Ostrea edulis* y *Crassostrea gigas* crecieron mejor en cajas pequeñas experimentales a flujos de agua de mar de 3.3 cm .

seg<sup>-1</sup> que a 1.3 cm . seg<sup>-1</sup>. Al investigar Kirby-Smith (1972) el crecimiento de la escalopa *Argopecten irradians* a diferentes velocidades de corriente en un intervalo de 0.2 a 12.8 cm . seg<sup>-1</sup> y mostró que la tasa de crecimiento de la concha y condición (peso músculo/tamaño de la concha) decrece a velocidades de corriente que exceden de 6 cm . seg<sup>-1</sup>.

Wildish *et al.*, (1987) y Wildish y Kristmanson (1988) encontraron que el crecimiento de la concha de adultos de *Placopecten magellanicus* se inhibe a velocidades de corriente que exceden los 10 cm .seg<sup>-1</sup>. Estos autores sugieren que el mecanismo de inhibición del crecimiento a altas velocidades es causado por la creación de un diferencial de presión entre las aberturas inhalantes y exhalantes que interfiere con la filtración. La tasa de filtración se redujo en un 50% a flujos de 40 cm . seg<sup>-1</sup> y cesó a velocidades de 66 -73 cm . seg<sup>-1</sup>. Este efecto inhibitorio ocurrió a flujos bajos si las escalopas se colocan con su abertura exhalante hacia la corriente (Wildish *et al.*, 1987).

Estas evidencias de inhibición del crecimiento a velocidades de corrientes altas se contradice con observaciones en el campo. En estudios de poblaciones naturales de pectínidos como *Argopecten irradians*, se ha encontrado que generalmente tallas grandes y tasas de crecimiento altas están asociadas con áreas de corrientes fuertes (Marshall, 1960) .Bricelj *et al.*,(1987a) encontraron la más alta tasa reproductiva y condición del músculo de adultos de *A. irradians* en sitios donde la velocidad de la corriente puede exceder 70 cm. seg<sup>-1</sup>. Eckman *et al.*, (1989) obtuvieron que el crecimiento en concha de juveniles de *A. irradians* (8 - 14 mm) declinó gradualmente cuando se incrementa la velocidad del flujo en un intervalo de 1.4 a 17.2 cm . seg<sup>-1</sup>, independientemente de la orientación de la escalopa hacia el flujo. A cualquier velocidad de flujo dada, las escalopas crecen más rápidamente cuando se orientan con los márgenes anteriores hacia la corriente.

La escalopa *Lyropecten subnodosus* comunmente llamada "Mano de León" se conoce como la más espectacular de las escalopas de América; se distribuye desde Laguna Ojo de Liebre B. C. México hasta Perú (incluyendo el Golfo de California) (Keen, 1971). Durante su ciclo de vida, las larvas son

pelágicas, mientras los juveniles y adultos presentan hábitos epibentónicos (Félix-Pico, 1993). Habita en lagunas y bahías en canales profundos de más de 6 metros, con fuertes corrientes ( $100 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$ ). En mar abierto se encuentra en zonas de corrientes sobre fondos de arena y piedra (Baqueiro - Cárdenas, 1984) a profundidades de hasta 30 metros o más. El intervalo de temperatura en el que se distribuye va de  $10^{\circ}\text{C}$  -  $27^{\circ}\text{C}$  (Bernard, 1988). Alcanza una longitud máxima de 175 mm y su reproducción es hermafrodita. Es una especie con gran potencial acuacultural ya que su tasa de crecimiento es alta, de 9 a 10 cm en un año (aproximadamente 43 g el peso del músculo aductor) y tiene una gran demanda en el mercado nacional e internacional.

En el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas se han obtenido algunas postlarvas de colectas naturales, las cuales han sido cultivadas hasta alcanzar tallas comerciales en un período aproximado de un año (Reyes-Sosa, 1985); se tienen también estudios sobre acondicionamiento de adultos y desarrollo larval de esta especie (Carvajal - Rascón, 1987). Recientemente se iniciaron las investigaciones sobre el cultivo de *Lyropecten subnodosus* hasta la producción de semilla en el laboratorio por parte del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U A B C, pero aún se desconoce la respuesta de estos organismos cultivados bajo condiciones distintas de flujo de agua y se carece de información básica sobre aspectos alimenticios durante su etapa de precría.

En este trabajo se pretende conocer algunos requerimientos fisiológicos y nutricionales para la escalopa *Lyropecten subnodosus* en su etapa de precría, de esta manera tener un mayor conocimiento de la especie para encontrar los métodos de cultivo apropiados y mejorar tasas de crecimiento y producción.

### **3. OBJETIVOS:**

a) Cuantificar las tasas de filtración e ingestión de juveniles de la escalopa *Lyropecten subnodosus* en función de la concentración de alimento (*Isochrysis galbana*).

b) Conocer el efecto de diferentes velocidades de flujo y la orientación sobre el crecimiento y condición de juveniles de la escalopa *Lyropecten subnodosus*.

c) Evaluar el efecto de diferentes raciones alimenticias sobre el crecimiento y condición de juveniles de la escalopa *Lyropecten subnodosus* en un sistema de cultivo con flujo abierto.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Obtención de la semilla de *Lyropecten subnodosus*

Los progenitores se recolectaron en la Laguna Ojo de Liebre, B. C. y fueron mantenidos en un tanque de fibra de vidrio de 500 l, con aireación, flujo de agua abierto, a una temperatura ambiente de 19° C y alimentados con la microalga *Isochrysis galbana*.

La inducción al desove se llevó a cabo por incrementos bruscos en la temperatura del agua (Miller *et al.*,1981). Después de aproximadamente 5 días, se empezó a manipular la temperatura del agua en donde se encontraban los organismos, aumentádola de 19° C a 23°C, de 23°C a 26° C hasta aproximadamente llegar a los 27 °C; los sementales se dejaron alrededor de media hora, entre un cambio de temperatura y otro. Transcurrida aproximadamente una hora de haber iniciado el proceso, algunos organismos empezaron a desovar y se fueron separando de manera independiente en acuarios de 5 litros . Debido a su carácter hermafrodita las escalopas que iniciaron el proceso de expulsión de las gametas, lo hicieron como machos y posteriormente empezaron otros organismos como hembras.

Los óvulos fueron lavados en un tamiz de 48 µm con agua de mar filtrada a 1 µm y pasada por luz UV y cuantificados en un microscopio compuesto. La fertilización se llevó a cabo en un recipiente de 18 litros, mezclando de dos a tres ml de esperma en solución densa por un millón de óvulos aproximadamente. Se hicieron monitoreos regulares durante 2 horas para seguir el proceso de fertilización. Cuando aproximadamente el 80 % de de los óvulos estuvieron fecundados se tamizaron de nuevo y se enjuagaron para separar el exceso de esperma y se pasaron a tanques rectangulares de 2500 litros para continuar su desarrollo.

Las larvas se cultivaron de acuerdo a la metodología propuesta por Lossanoff y Davis (1963), en tanques cónicos de 2000 litros a una densidad de 2 larvas por ml. El ciclo larval de los pectínidos es similar al de otros moluscos (Figura 2). Una vez que la larva alcanzó su competencia a la metamorfosis se utilizaron costales cebolleros para su fijación. La semilla que se desprendió de los costales se pasó a sistemas de cultivo de flujo descendente y estos organismos se utilizaron para los experimentos de este trabajo una vez que alcanzaron los 5 mm.

El agua de mar usada se filtró a través de un filtro rápido de arena y por tres filtros de celulosa y polyester de una micra de diámetro, además se irradió con luz ultravioleta. La microalga que se utilizó como alimento fue *Isochrysis galbana*.

## **4.2. Experimentos realizados**

### **4.2.1. Determinación de la tasa de filtración e ingestión de la semilla de *Lyropecten subnodosus* bajo diferentes concentraciones de alimento.**

#### **Tasa de Filtración:**

Las concentraciones de alimento experimentadas fueron 33, 70 y 102 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup>.

Previo al experimento, los organismos se acondicionaron durante 48 horas en flujo abierto a la concentración experimental correspondiente, utilizando una bomba peristáltica para añadir el alimento. Los juveniles de 7.72 ± .143 mm se colocaron en recipientes de plástico redondos de 3 litros ( 3 recipientes por tratamiento y 3 juveniles por recipiente ) (Figura 3). Se

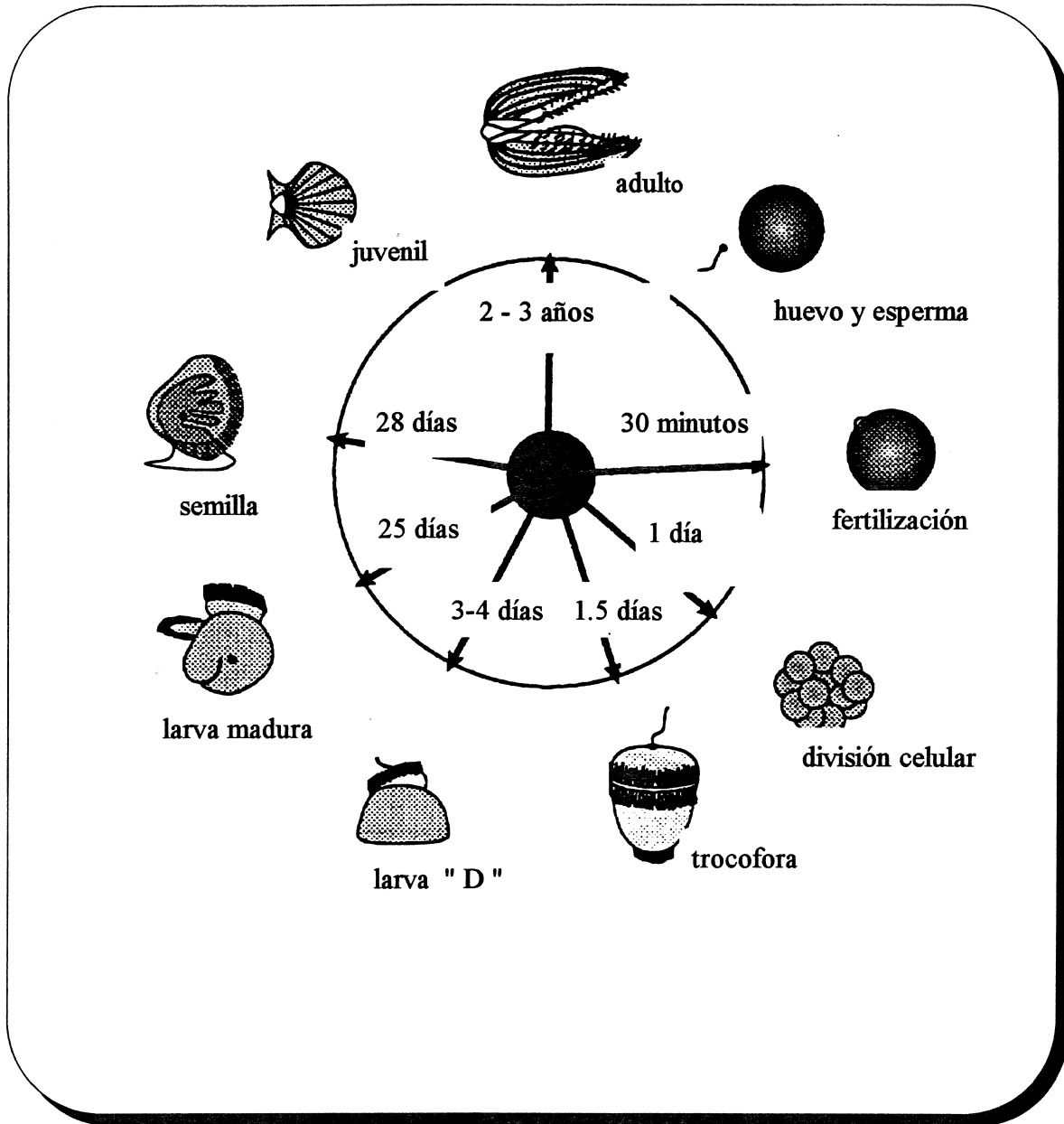


Figura 2. Esquema general del ciclo de vida de las escalopas (Bourne *et al.*, 1989).

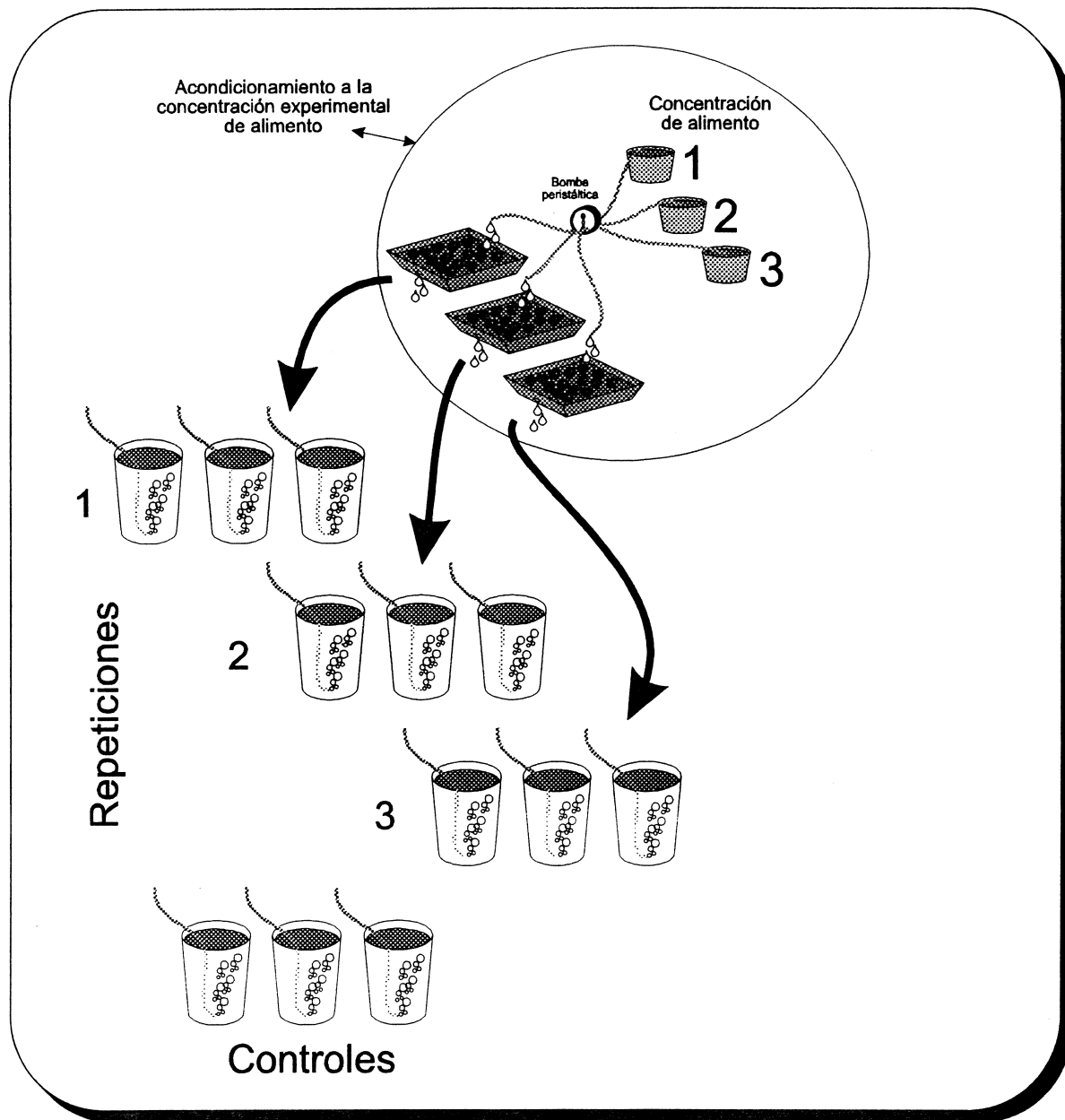


Figura 3. Representación esquemática del modelo experimental utilizado para la obtención de la tasa de filtración de juveniles de *Lyropecten subnodosus*. Las concentraciones de alimento utilizadas (*Isochrysis galbana*) 1 = 33, 2 = 70 y 3 = 102 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup> .

inició una serie de tiempo cada 2 horas, con muestreos de la concentración de microalgas por triplicado durante 12 horas. Este experimento se condujo en oscuridad, cubriendo con plástico negro a los recipientes para evitar el paso de la luz y evitar el desarrollo de las microalgas. El agua se mantuvo aireada para que las microalgas se distribuyeran uniformemente. Los controles fueron recipientes únicamente con las microalgas (sin organismos), en las mismas condiciones.

La Tasa de Filtración TF que es el volumen de agua filtrada completamente libre de partículas por unidad de tiempo (litros/hora) se calculó mediante la fórmula propuesta por Marin *et al.*, (1986):

$$TF = \frac{V}{N} \left( \frac{\ln C_i - \ln C_f}{t} + k \right)$$

donde:

V = volumen de la cámara (litros).

N = número de organismos.

t = duración del experimento (horas).

$C_i$  y  $C_f$  = Concentración inicial y final (cel . ml<sup>-1</sup>).

k = coeficiente de crecimiento de las microalgas  $C_f = C_o e^{kt}$

$C_f$  y  $C_o$  = Concentración final e inicial de microalgas en el recipiente control .

En el caso del experimento con la concentración más alta, la TF se calculó cada 2 horas y se obtuvo un promedio. Esto debido a que la disminución de la concentración de microalgas no fué lineal a lo largo del experimento.

Las concentraciones de las microalgas se cuantificaron con un Contador de Partículas (Elozone/Celloscope).

### **Tasa de Ingestión:**

Un volumen de concentración conocida de células de *Isochrysis galbana* fué filtrado a través de un filtro GF/F previamente lavado con agua destilada e incinerado a 450 °C. El filtro con las células retenidas se enjuagó con formato de amonio para eliminar sales, y posteriormente se secó a 100 °C hasta obtener un peso constante.

El procedimiento anterior se llevó a cabo por quintuplicado, para obtener el promedio del peso seco de las microalgas.

La tasa de ingestión ( $TI = \text{mg} \cdot \text{h}^{-1}$ ), se calculó multiplicando la tasa de filtración TF ( $\text{l} \cdot \text{h}^{-1}$ ) por la concentración inicial del alimento ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) en los recipientes experimentales (Cranford y Grant, 1990).

#### **4.2.2. Velocidad de flujo y orientación de la semilla sobre el crecimiento y el peso de *Lyropecten subnodosus*.**

Para determinar el efecto de diferentes velocidades de flujo en la semilla de *Lyropecten subnodosus* se usó un sistema de 12 canales construidos con tubos de PVC de 1.9 m de longitud, 1 1/2 pulgada de diámetro cortados longitudinalmente. Se colocaron 4 bombas, para mantener recirculando el agua de los reservorios de 1000 litros a los canales. Cada una de las bombas se usó para mantener el flujo de tres canales (Figura 4). Con el fin de amortiguar la turbulencia del agua, en cada uno de los canales se colocaron cinco secciones circulares de malla plástica espaciadas cada 10 cm una de otra (la más cercana a la entrada de agua, una esponja de neopreno de 11 mm de

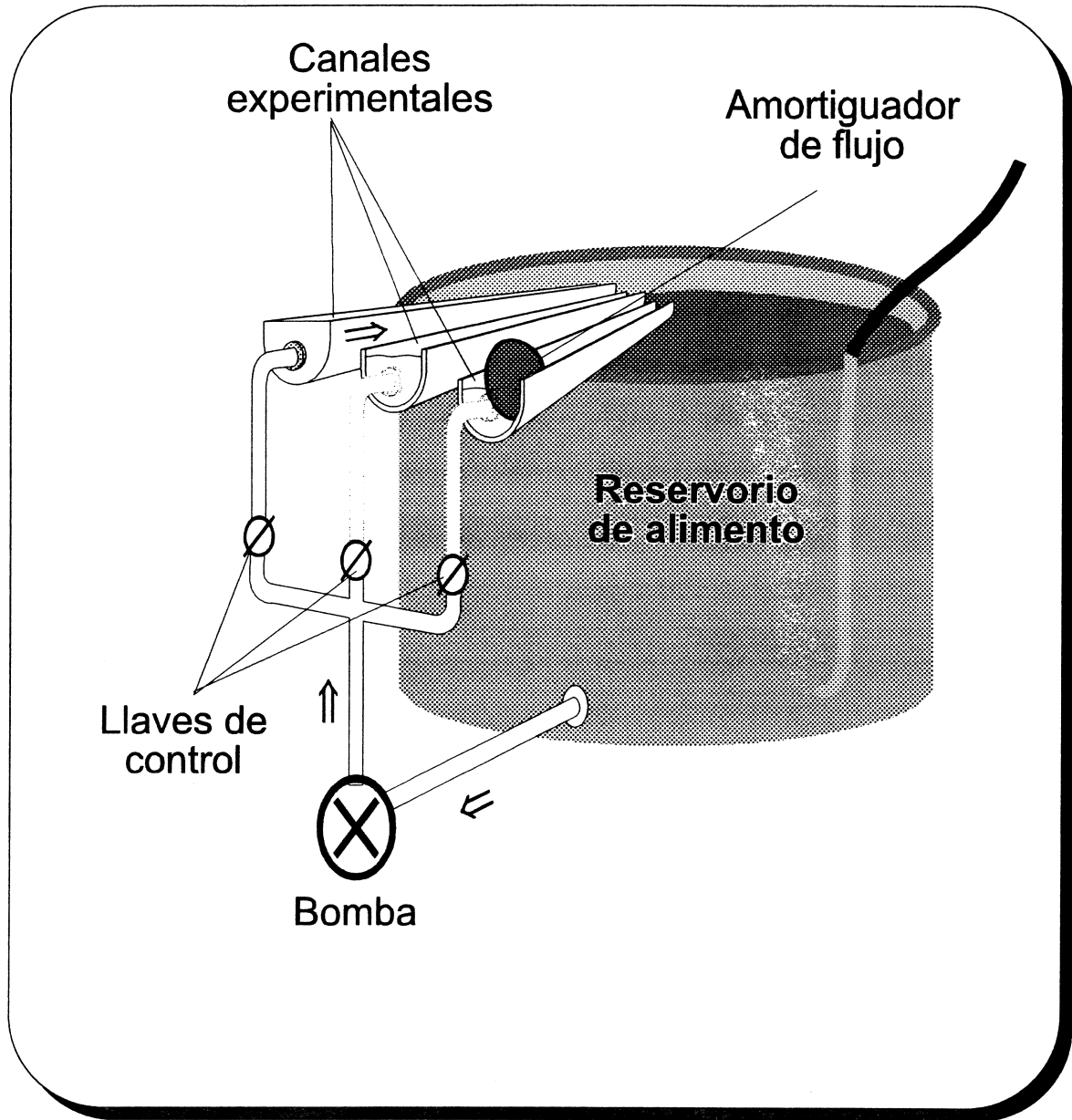


Figura 4. Esquema del sistema de canales experimentales para el cultivo de juveniles de la escalopa *Lyropecten subnodosus*.

grueso, las 3 siguientes secciones de polyetileno rígido con luz de malla de 3 mm y la última de polyetileno con luz de malla 1.39 mm). Las velocidades de flujo a probar fueron 5 cm . seg<sup>-1</sup>, 10 cm .seg<sup>-1</sup> y 15 cm . seg<sup>-1</sup>.

Permitiendo el paso de un colorante en una sección del tubo de medida conocida se ajustó la velocidad del flujo de agua, ya sea cerrando o abriendo las llaves.. Una vez ajustado, se midió el volumen de agua descargado correspondiente a la velocidad del agua y se pudieron controlar los flujos experimentales en caso de pequeñas variaciones. Los reservorios de 1000 litros se mantuvieron aireados y se cubrieron de plástico negro para evitar el paso de la luz y mantener la concentración deseada de alimento. Se utilizó como alimento la microalga *Isochrysis galbana*, a una concentración final de 50 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup>. Diariamente se reemplazó el volumen total de los reservorios (100 litros) con agua y alimento nuevo. Este exceso en el volumen de agua (1000 litros/ 15 juveniles / día) se mantuvo para evitar posibles alteraciones en las concentraciones de alimento usadas durante el experimento. La temperatura se mantuvo entre 21 - 22° C por medio de calentadores sumergibles automáticos.

La talla inicial de los organismos fué de 6.29 ± .123 mm. El experimento duró dos semanas.

Para conocer el efecto de la velocidad de flujo en los organismos, 15 organismos se pegaron con una gotita de "pega loca" sobre una laminilla de plástico. El pegamento se colocó en la parte central de la valva derecha . Las laminillas se cortaron del tamaño que entraran justo en los canales para evitar que se movieran y fueron colocadas sobre los canales orientando a los organismos en las siguientes posiciones (cuatro laminillas por cada posición) (Figura 5):

- a) Con la abertura inhalante hacia la corriente (favor).

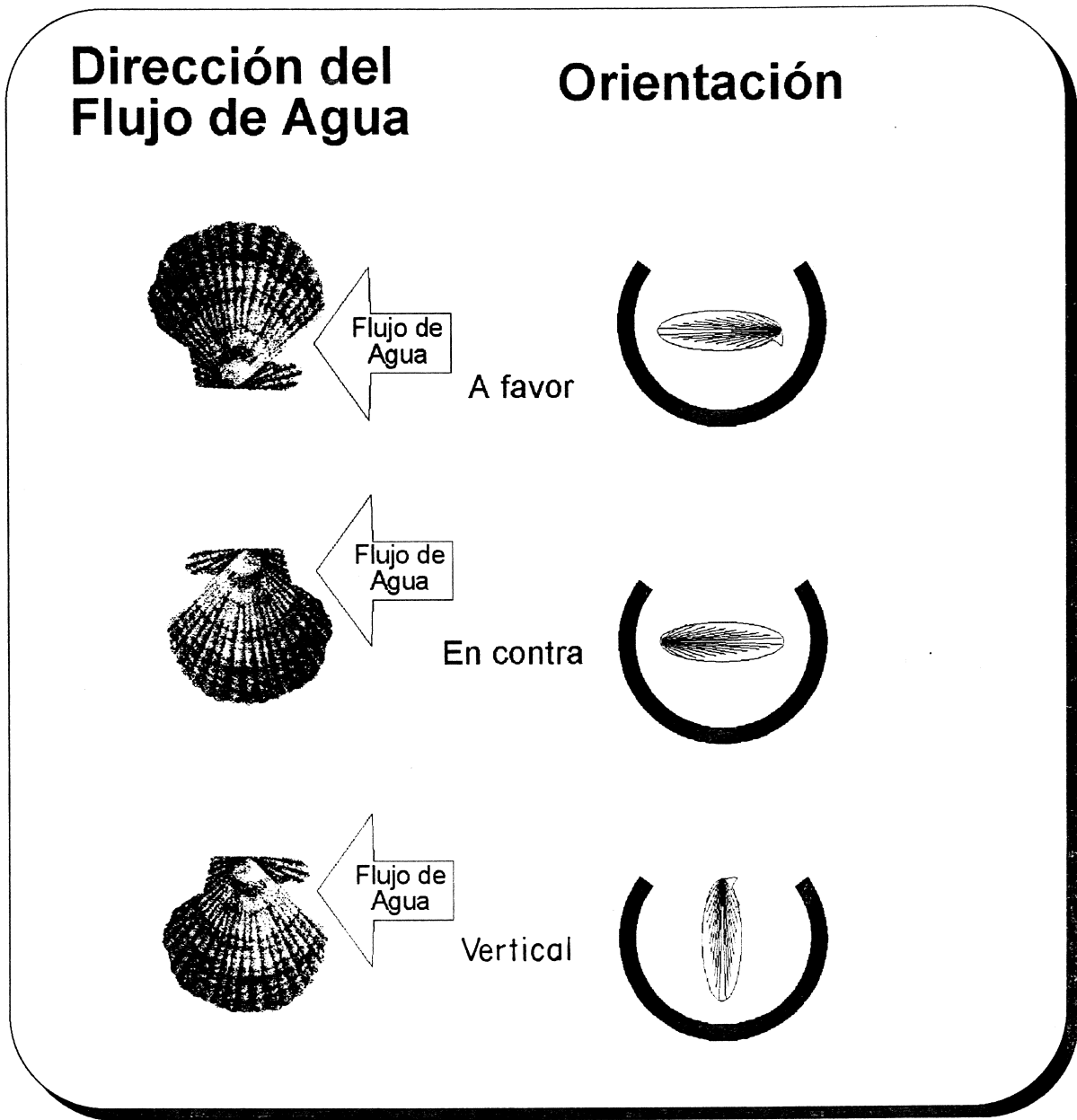


Figura 5. Orientación de los juveniles de *Lyropecten subnodosus* hacia la dirección del flujo de agua y en los canales experimentales.

b) Con la abertura exhalante hacia la corriente (contra).

c) En orientación vertical.

Otras 15 semillas se dejaron sueltas en los canales. Los testigos fueron organismos fijos en las laminillas y sueltos en un sistema estático bajo las mismas condiciones de cambios de agua y concentración de alimento. Se hicieron cuatro repeticiones (canales) de cada tratamiento (velocidades de flujo y posiciones de la semilla). El experimento tuvo una duración de dos semanas. Al inicio y al final del experimento se tomó, el peso total, el peso seco del tejido y el peso seco de la concha, con una electrobalanza digital analítica Mettler A E - 160. La longitud de la concha (distancia máxima entre el umbo y el límite ventral ) se midió con un vernier digital Max Cal ( $\pm 0.01$  mm).

Con las longitudes obtenidas de este experimento, se calcularon las tasas específicas de crecimiento y el incremento por día de los organismos, para cada flujo y posición de acuerdo a las siguientes formulas (Wildish y Saulnier, 1992):

$$\text{Tasa de crecimiento específica (\% \cdot \text{día}^{-1})} = \frac{(\text{Longitud final} - \text{Longitud inicial}) \times 100}{(\text{Longitud inicial} \times \text{tiempo})}$$

$$\text{Tasa de crecimiento bruto (mm \cdot \text{día}^{-1})} = \frac{(\text{Longitud final} - \text{Longitud inicial})}{\text{tiempo}}$$

#### **4.2.3. Respuesta de la semilla de *Lyropecten subnodosus* cultivada a diferentes concentraciones de alimento.**

En este experimento se usó el sistema de canales descrito anteriormente (Figura 4), 18 organismos se fijaron en las laminillas de plástico solo en posición a favor de la corriente.

Se ajustaron todos los canales a una velocidad de flujo de  $10 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$ . Se utilizaron 4 concentraciones de alimento: 0, 33, 66 y  $100 \times 10^3 \text{ cel} \cdot \text{ml}^{-1}$ . El tamaño inicial de la semilla fué de  $5.50 \pm .109 \text{ mm}$ . La temperatura se mantuvo a  $21-22^\circ \text{ C}$ . La duración del experimento fué de 2 semanas. Se usaron las mismas variables que en el experimento anterior.

#### **4.3. Análisis estadístico**

El efecto del flujo y posición sobre la longitud de la semilla se analizó una vez cumpliendo las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza, mediante un Análisis de Varianza factorial de 2 vías ( $3 \times 4 \times 4$ ), al considerar como factores al flujo (3) y a la posición de la escalopa (4), con 4 repeticiones.

Para obtener información del efecto del flujo sobre el crecimiento, se procedió con el Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía para cada una de las posiciones. Se hicieron pruebas "a posteriori" de comparaciones múltiples de medias (Student- Newman- Keuls) con el fin de determinar cuales flujos produjeron los mayores efectos en el crecimiento.

Para determinar el efecto del flujo sobre el peso final de tejido seco de los organismos en cada una de las posiciones probadas, se realizó el Análisis de Varianza por rangos de una vía (Kruskal - Wallis). En caso de encontrarse disimilitudes entre los flujos se hicieron pruebas de comparaciones múltiples (Student-Newman-Keuls) para diferenciarlas.

El crecimiento y el peso seco de la semilla de *L. subnodosus*, bajo diferentes concentraciones de alimento, se analizaron mediante un ANOVA de una vía (considerando como tratamiento las concentraciones de microalgas), y mediante pruebas de comparaciones múltiples de medias a posteriori.

Para todos los casos se utilizó el paquete estadístico Sigma-Stat y las gráficas se generaron por medio del paquete Sigma-Plot.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Tasas de filtración e ingestión

El cambio en la concentración de microalgas producido por la filtración de los juveniles de *L. subnodosus* para las tres concentraciones experimentales se muestran en las Figuras 6 (a, b, c).

Las tasas de filtración TF de los juveniles de *Lyropecten subnodosus* aumentaron conforme disminuyó las concentraciones de microalgas.

Para una concentración inicial de la microalga *Isochrysis galbana* de **103,000** cel . ml<sup>-1</sup> se obtuvo una TF de **0.07** ml . org . hr<sup>-1</sup> durante 12 horas (1% de disminución en la concentración inicial), para **71,000** una T. F. de **7.4** (14%) y para **34,000** de **17.4** (32%) (Tabla 1). Las tasas de ingestión de manera correspondiente fueron **0.16, 12** y **13** µg . hr<sup>-1</sup> (Tabla 1).

La relación entre la TF y la TI para los juveniles de *L. subnodosus* bajo las concentraciones experimentales dadas se muestra en la figura 7. La TF disminuyó de forma lineal conforme aumentó la concentración de microalgas, mientras la TI se mantuvo casi constante las dos concentraciones experimentadas más bajas y disminuyó linealmente en la concentración de alimento mayor.

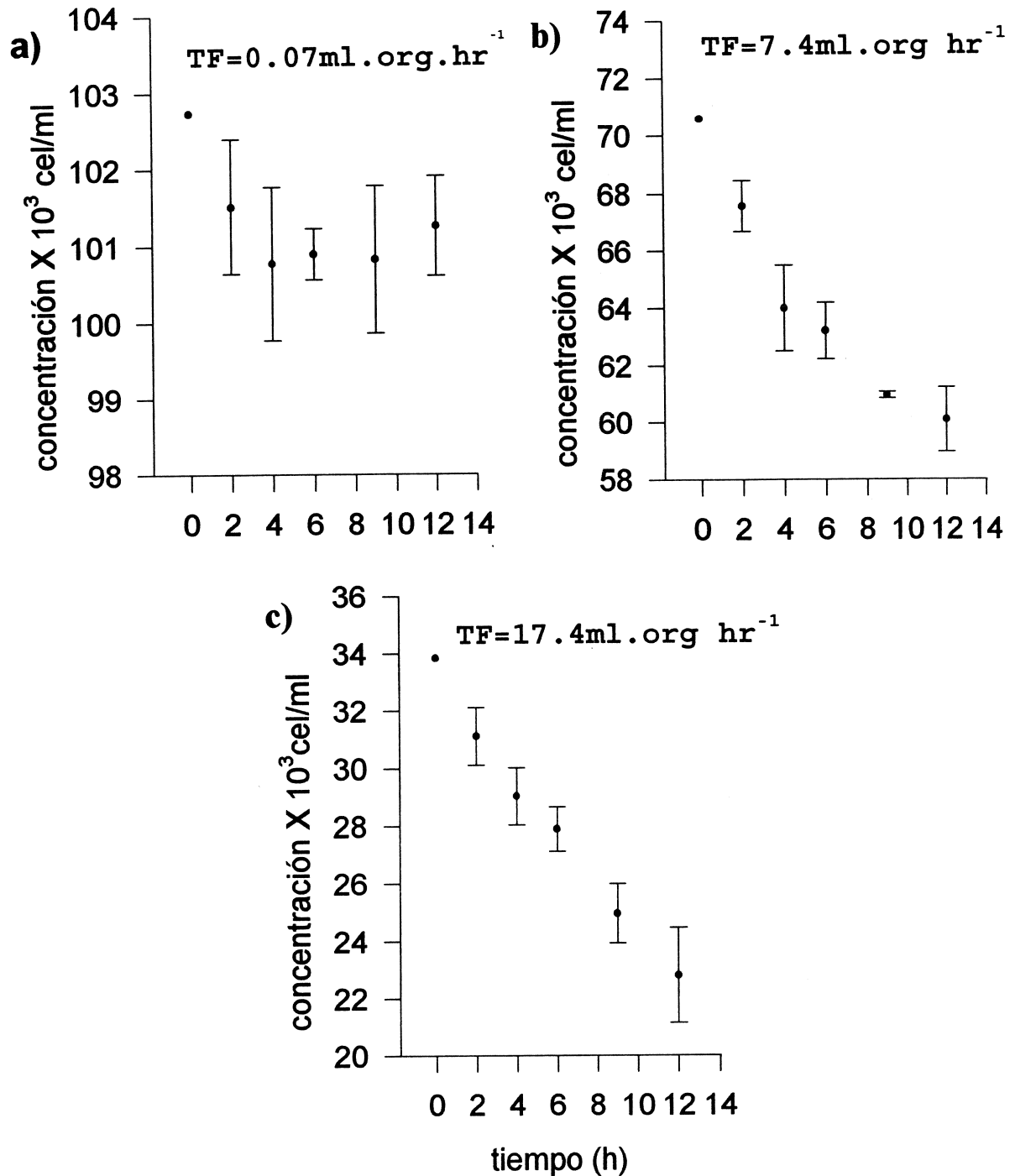


Figura 6. Cambios en la concentración de alimento (*Isochrysis galbana*) producidos por juveniles de *Lyropecten subnodosus* a partir de tres concentraciones iniciales a) 103 cel.µl; b) 71 cel.µl; c) 34 cel.µl. La tasa de filtración TF para 12 horas se indica en cada caso. 24

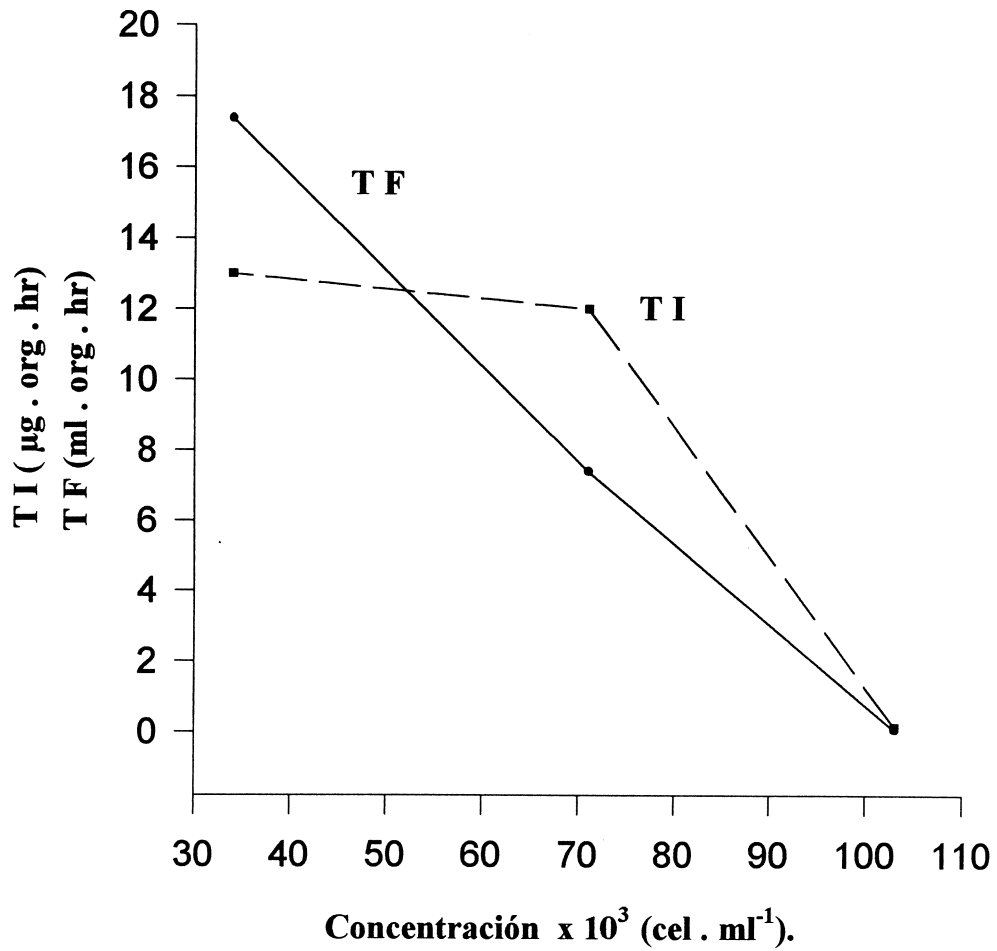


Figura 7. Relación entre Tasa de Filtración (TF), Tasa de Ingestión (TI) y Concentración de alimento (*Isochrysis galbana*) para los juveniles de *Lyropecten subnodosus*.

**Tabla 1.- Tasas de filtración e ingestión de la semilla de *Lyropecten subnodosus* a diferentes concentraciones de *I. galbana*. El peso promedio de *I. galbana* fué de (0.023 mg - 1000 x 10<sup>3</sup> cel. ml<sup>-1</sup>).**

Concentración inicial de <i>I. galbana</i>	Peso Seco final del tejido de la semilla	Tasa de Filtración	Tasa de Filtración (peso seco tejido)	Tasa de Ingestión
(cel. ml <sup>-1</sup> )	(µg. org <sup>-1</sup> )	(ml.org .hr <sup>-1</sup> )	(ml.µg. hr <sup>-1</sup> )	(µ.g. org. hr <sup>-1</sup> )
102 732	2.54 ± 0.17	0.07	0.03	0.16
70 588	3.4 ± 0.38	7.4	2.17	12
33 834	3.9 ± 0.37	17.4	4.46	13

## 5.2. Velocidad de flujo y orientación de semilla

La longitud promedio de los juveniles estuvo afectada de manera significativa por la posición (F= 8; g.l.= 3; p= 0.002) y por los diferentes niveles de flujo (F = 13.55; g.l.= 3; p < 0.0001). Sin embargo, no se presentó una interacción estadísticamente significativa entre posición y flujo (F= 1.42; g.l.= 3; p= 0.206).

El crecimiento promedio de las escalopas orientadas a **favor** y **sueatas** no fué significativamente distinto entre los flujos de 5 y 10 cm . seg<sup>-1</sup> (SNK p < 0 .05), mientras que el crecimiento promedio obtenido entre los flujos anteriores y el de 0 cm . seg<sup>-1</sup> sí mostraron diferencias ( SNK p < 0.05). El valor en el crecimiento promedio de las escalopas obtenido en el flujo de 15 cm . seg<sup>-1</sup> no fué significativamente diferente a ninguno de los demás flujos. Los flujos intermedios provocaron los mayores crecimientos (9.18 - 9.17 mm respectivamente, Figuras 8 a,d). Para las posiciones en **contra** y **vertical**, no hubo diferencias significativas en el crecimiento promedio en el intervalo de

flujos experimentados (SNK  $p < 0.05$  Figuras 8 b,c). Aunque cabe hacer notar que las escalopas en posición **vertical** (Figura 8 c) mostraron una mayor longitud promedio final (8.3 mm) que las orientadas en **contra** (Figura 8 b ; 8.7 mm ) en flujos  $\geq 5 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$ . Excluyendo la orientación en **contra** la tendencia en las curvas de crecimiento en las tres posiciones restantes es el de una parábola, con un ligero retardo del crecimiento a  $15 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$ . En todos los casos se mostró un incremento significativo de la talla con respecto al valor inicial de las escalopas (INI; Figuras 8 a, b, c, d). Por otra parte, los flujos de  $0 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$  consistentemente produjeron las menores tallas (Figuras 8 a, b, c, d).

El flujo afectó significativamente el peso de los organismos orientados a **favor** (KW,  $H = 9.09$ , g.l. = 3,  $p = 0.0281$ ), **vertical** ( KW;  $H = 10.2$ ; g.l. = 3;  $p = 0.0168$ ) y **sueltos** ( KW,  $H = 11.3$ ; g.l. = 3;  $p = 0.0101$ ), pero nó a los orientados en **contra** de la corriente ( KW,  $H = 6.79$ ; g.l. = 3;  $p = .0791$ ; Figuras 9 a, b, c y d). Para los tres primeros casos no hubo diferencia significativa en el peso seco promedio del tejido de los organismos (SNK  $p = 0.05$ ), pero sí entre estos flujos y el de  $0 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$  (SNK;  $p = 0.05$ ). A pesar de esto la tendencia de las curvas en el peso del tejido de los juveniles para los flujos experimentados es también el de una parábola con ligero retardo a  $15 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$  (Figuras 9 a,c,d).

Los valores más altos de crecimiento específico (Tabla 2 ) corresponden a la combinación de flujos entre  $5$  y  $10 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$  y las posiciones a favor y sueltas (3 - 3.16 % . día). Esta misma combinación produjo crecimientos brutos entre  $190 - 200 \mu\text{m} \cdot \text{día}$  (Tabla 3).

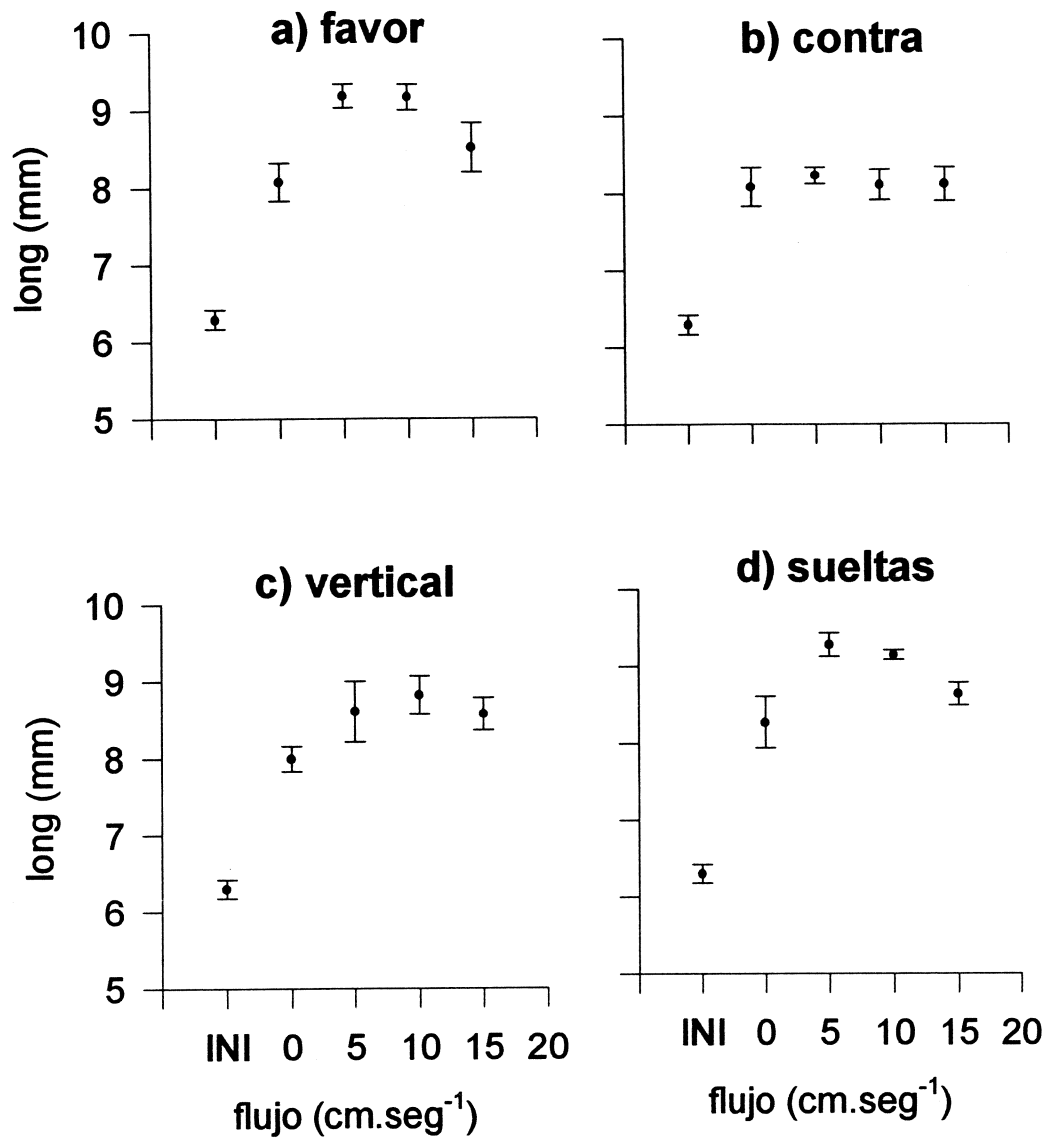


Figura 8. Talla final de juveniles de *Lyropecten subnodosus* sometidas a diferentes flujos de agua y orientadas en distintas posiciones con respecto a la corriente. (INI = Longitud al inicio del experimento).

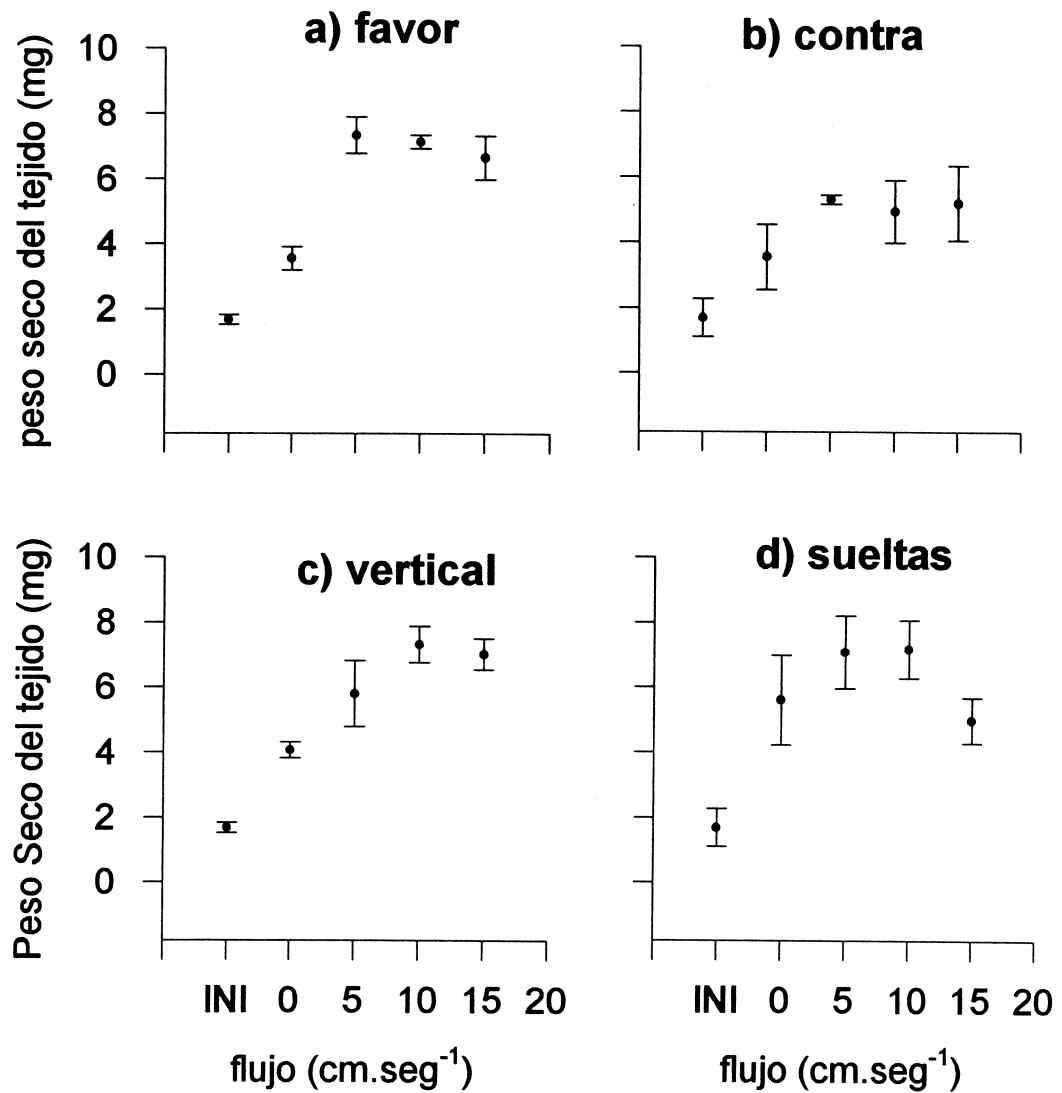


Figura 9. Cambio en el peso seco del tejido de la semilla de *Lyropecten subnodosus* sometida a diferentes flujos de agua y orientadas en distintas posiciones con respecto a la corriente. (INI = peso seco del tejido al inicio del experimento).

**Tabla 2.- Tasa de crecimiento específico (% . día<sup>-1</sup>) ± error estandard (ES), de semilla de *Lyropecten subnodosus* cultivada a diferentes flujos y diferentes posiciones.**

POSICION	FLUJO			
	0 cm.s <sup>-1</sup>	5 cm.s <sup>-1</sup>	10 cm.s <sup>-1</sup>	15 cm.s <sup>-1</sup>
FAVOR	2	3.1 ± 0.002	3.1 ± 0.002	2.3 ± 0.002
CONTRA	1.89	2.05 ± 0.002	2.0 ± 0.002	1.9 ± 0.002
VERTICAL	1.7	2.45 ± 0.004	2.8 ± 0.003	2.4 ± 0.002
SUELTAS	2.6	3.16 ± 0.002	3.0 ± 0.0006	2.5 ± 0.0015

**Tabla 3.- Tasa de crecimiento bruto (mm . día) ± ES, de semilla de *Lyropecten subnodosus* cultivada a diferentes flujos y diferentes posiciones.**

POSICION	FLUJO			
	0 cm.s <sup>-1</sup>	5 cm.s <sup>-1</sup>	10 cm.s <sup>-1</sup>	15 cm.s <sup>-1</sup>
FAVOR	0.12	0.193 ± 0.010	0.192 ± 0.010	0.142 ± 0.014
CONTRA	0.12	0.129 ± 0.006	0.121 ± 0.012	0.123 ± 0.013
VERTICAL	0.11	0.154 ± 0.025	0.169 ± 0.014	0.152 ± 0.013
SUELTAS	0.16	0.200 ± 0.010	0.189 ± 0.004	0.157 ± 0.009

### 5.3. Diferentes raciones alimenticias

Con excepción del control (0 cel . ml<sup>-1</sup>), el crecimiento promedio de los juveniles de *Lyropecten subnodosus* sometidas a diferentes raciones, aumentó durante el período de prueba (Fig. 10 a, b)

Con la prueba de comparaciones múltiples (SNK) se determinó que no hubo diferencias significativas en la longitud promedio de las escalopas en las raciones de 33 y 66 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup> (p < 0.05), en las cuales se obtuvieron los valores más altos (7.53 y 7.47 mm). La longitud promedio final de la semilla fué menor para la ración de 100 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup> ( 6.49 mm, Fig. 10 a), mostrando diferencias significativas con la de 33 y 66 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup> (SNK, p = 0.05). La longitud promedio de la semilla que se encontró bajo el tratamiento de 0 cel . ml<sup>-1</sup> fué diferente con respecto a todos los demás tratamientos (5.53 mm; p = 0.05).

El mismo comportamiento descrito para la longitud se observó con respecto al peso seco promedio del tejido. El ANOVA indicó que existen diferencias en la condición de los organismos bajo las diferentes raciones alimenticias (F = 33; g.l. = 3; p < 0.0001) , pero no se encontraron diferencias significativas entre las raciones de 33, 66 y 100 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup> (SNK; p = 0.05); sin embargo, los valores tendieron a disminuir hacia la ración más alta, en la cual se registró un peso promedio final de (3.27 mg) comparado con los alcanzados por las escalopas en las raciones de 66 y 33 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup> (3.54 y 3.52 respectivamente; Figura 10 b).

Los valores más altos de crecimiento específico corresponden a las escalopas que se les suministraron las concentraciones de alimento de 33 y 66 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup> (1.94 - 1.9 % . día<sup>-1</sup>) . Estas mismas concentraciones de alimento produjeron crecimientos brutos de 0.11 mm . día<sup>-1</sup> (Tabla 4).

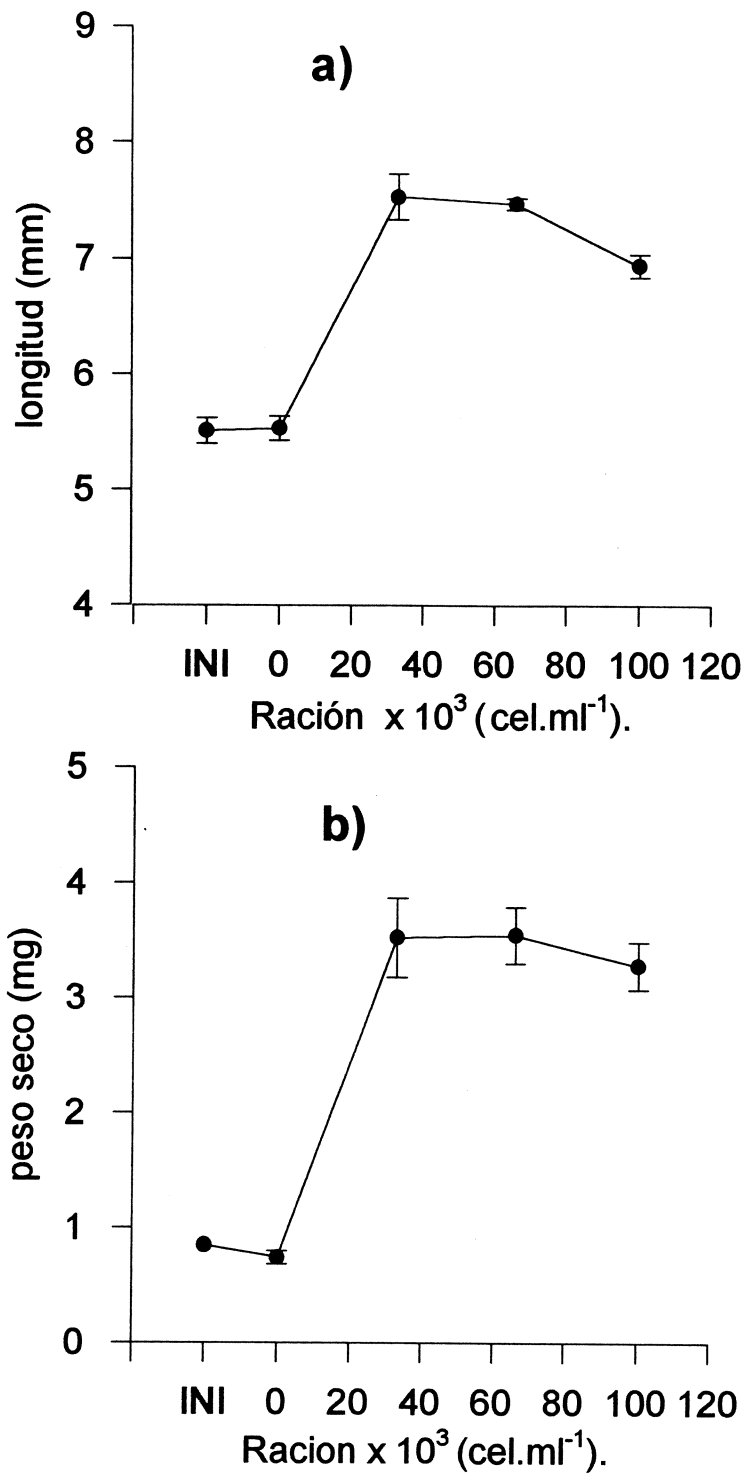


Figura 10. Talla final y peso seco del tejido de juveniles de *Lyropecten subnodosus* alimentados a diferentes raciones. (INI= longitud y peso seco del tejido al inicio del experimento)

**Tabla 4.- Tasa de crecimiento específica (TCE) y Tasa de crecimiento bruto (TCB, longitud) para semilla de *Lyropecten subnodosus* cultivada bajo diferentes raciones alimenticias.**

<b>Ración cel . ml<sup>-1</sup></b>	<b>T.C.E .% día<sup>-1</sup></b>	<b>T.C.B. mm .día<sup>-1</sup></b>
0	0.03	0
33 000	1.94	0.11
66 000	1.9	0.11
100 000	1.5	0.08

## 6. DISCUSION

### 6.1. Tasas de Filtración

De acuerdo a los resultados obtenidos se sugiere que los juveniles de la escalopa *Lyropecten subnodosus* regulan su tasa de filtración TF en respuesta a un aumento en la concentración de partículas del medio; filtrando más activamente en concentraciones bajas que en concentraciones altas y manteniendo una tasa de ingestión TI relativamente constante. Este comportamiento de los juveniles de *Lyropecten subnodosus* de regular la tasa de filtración en respuesta a la concentración de alimento coincide con el patrón mostrado por otros pectínidos y con el modelo propuesto por Winter (1978), por lo que se puede concluir que la concentración más baja utilizada se encuentra en algún punto por encima del óptimo, mientras que la concentración más alta resultó ligeramente inhibitoria. Cahalan *et al.* (1989) reportó una reducción en la TF del 56% para juveniles de la escalopa *Argopecten irradians* en un intervalo de concentraciones (7 500 - 68 000 cel . ml<sup>-1</sup>) de *Isochrysis galbana*. Así mismo, los juveniles de *Argopecten irradians* disminuyeron la TF en un 85% en un intervalo de concentraciones de (1 200 - 12 000 cel . ml<sup>-1</sup>) de *Thalassiosira weissflogii* (Kuenstner, 1988).

Las concentraciones más bajas utilizadas en este experimento (33 y 66 x 10<sup>3</sup> cel . ml<sup>-1</sup>), se ubican entre los valores B y C del modelo propuesto por Winter (1978; Figura 11); en el cual se establece que a partir de una concentración de alimento, la TF de los bivalvos aumenta rápidamente hasta alcanzar un nivel de concentración (A), después del cual la TF permanece constante. Mientras la TF se mantiene constante la TI aumenta hasta alcanzar un valor máximo (B), a partir de esta concentración la TF decrece progresivamente mientras la TI permanece constante en un intervalo relativamente amplio.

Un aumento mayor en la concentración de microalgas trae consigo una disminución drástica tanto en la TF como en la TI.

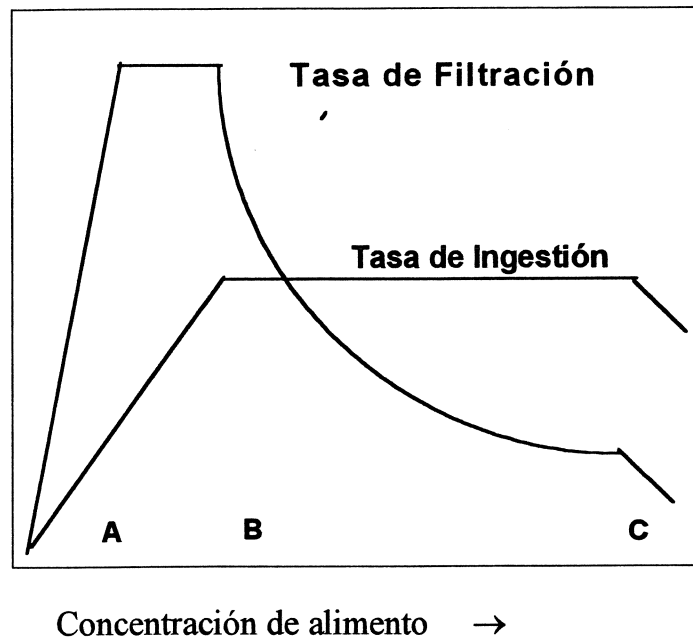


Fig. 11 - Concepto de interrelación entre la tasa de filtración, la tasa de ingestión y la concentración del alimento (Winter, 1978).

Es evidente que los organismos sometidos a la concentración más alta ( $102\ 000\ \text{cel} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) en el presente experimento, se vieron afectados por lo que se inhibió drásticamente su TF después de 4 horas, reflejándose esto en una baja TI. El hecho de que a esta concentración, las primeras 4 horas resultara un consumo lineal de alimento y después se mantuviera constante podría deberse a que:

- a) Las escalopas se saciaron de alimento llenando su tubo digestivo.
- b) El aparato filtrador se saciara.
- c) Estrés inicial de manejo aceleró su tasa metabólica.
- d) Una combinación de (a) y (b).

En este sentido, Wildish y Saulnier (1993) concluyeron que la inhibición en la filtración de *Placopecten magellanicus* se alcanza cerrando parcialmente las valvas y el manto y, de esta manera, se evita el flujo a través del animal. Así mismo, la capacidad de las branquias, también puede verse limitada en concentraciones de alimento altas (Winter, 1978).

Los mecanismos utilizados por los juveniles de *Lyropecten subnodosus* para regular la filtración a diferentes concentraciones no se identificaron en este trabajo.

Desde el punto de vista acuacultural, es importante acercarse al conocimiento del valor en la concentración de alimento de B (Figura 11), que es la concentración de alimento más baja que produce la tasa de filtración más alta y la máxima tasa de ingestión. En general, es difícil que un organismo ingiera por encima de su nivel óptimo, ya que el límite de su capacidad digestiva está dada por el volumen del tubo digestivo (Navarro, E. com. pers., Universidad del país Vasco, España). En este experimento tendrían que haberse probado concentraciones menores a  $30,000 \text{ cel} \cdot \text{ml}^{-1}$  para comprobar si se mantiene o disminuye la tasa de filtración, y así encontrar la concentración óptima B (figura 11).

Para obtener su alimento, los bivalvos dependen del transporte físico de partículas a través de su aparato filtroalimentador. Los organismos que se encuentran en sistemas de cultivo estático obtienen su alimento únicamente por su propia actividad de bombeo, esto supone que alcanzarían TF más bajas que los organismos que están en sistemas con flujos de agua en donde a un intervalo de velocidades la TF se ve favorecida (Jorgensen *et al.*, 1986). Ya que las TF de los juveniles de la escalopa *Lyropecten subnodosus* en el presente experimento se obtuvieron bajo condiciones de cultivo estático, podría esperarse que en condiciones de cultivo con flujos de agua los organismos presentarían TF mayores.

Tanto la TF como la TI son variables fisiológicas cuyos valores son afectados por factores externos y estadios de desarrollo de los organismos. Es

muy difícil comparar estas variables entre especies, ya que los estudios publicados difieren en metodologías, condiciones experimentales y edad de los organismos. De acuerdo con Walne (1974), juveniles de *Ostrea edulis* entre 0.5 y 30 mm alimentadas con *Isochrysis galbana* a 21° C pueden filtrar de 0.05 a 300 ml . individuo . hora; las TF obtenidas en este experimento para organismos entre 5 - 6 mm de *Lyropecten subnodosus* caen dentro de este rango. El presente estudio, es válido para las tallas manejadas y es de esperarse que la TF específica disminuya en organismos mayores.

Otro mecanismo para controlar la cantidad de material ingerido en bivalvos cuando se exponen a concentraciones de alimento altas, además de regular la TF y tasa de bombeo, es el de aumentar la cantidad de material rechazado en forma de pseudoheces.

Sin embargo, las escalopas típicamente no producen grandes cantidades de pseudoheces comparado con mejillones y ostiones (Bricelj y Shumway, 1991) y se ha sugerido en base a experimentos con mejillones, que las concentraciones de seston que disparan (inician) la producción de pseudoheces coinciden con las máximas tasas de ingestión (Bayne, et al., 1989). Thompson (1986), (citado por Bricelj y Shumway, 1991), reportó que para *Placopecten magellanicus* no hay producción de pseudoheces en niveles de concentración de seston entre (0.005 - 0.01 mg . ml<sup>-1</sup>); los niveles utilizados en el presente trabajo van de (0.0007 - 0.0023 mg . ml<sup>-1</sup>), valores en un orden de magnitud menor. Se generaliza que los pectínidos regulan su ingestión a altas concentraciones de alimento algal reduciendo primeramente la TF en vez de incrementar la producción de pseudoheces (Bricelj y Shumway, 1991). Por lo anterior durante el experimento no se consideró la producción de pseudoheces.

La relación entre TI, TF y producción de pseudoheces aparentemente no depende solo de la de la concentración de alimento, sino también de su contenido orgánico. Así, la tasa de filtración y producción de pseudoheces aumentan en proporción a la concentración de seston con bajo contenido orgánico (Bayne y Newell, 1983). Por otra parte, experimentos con cultivos algales puros han demostrado que los bivalvos regulan su tasa de filtración al

aumentar la concentración de alimento, manteniendo constante su TI sin producción de pseudoheces ( Winter, 1973; Prins *et al*, 1991; Gerdes, 1983).

## 6.2. Efecto del flujo y posición

Los juveniles de *Lyropecten subnodosus* tuvieron un crecimiento específico y bruto mayor cuando se orientaron con los márgenes anteriores hacia la dirección del flujo. Los organismos sueltos en los canales tendieron a orientarse a favor de la dirección de la corriente a velocidades de flujo de entre 5 - 10 cm .seg<sup>-1</sup>; por esto el crecimiento fué similar que los organismos fijos a favor. Esto sugiere ser un mecanismo para optimizar las tasas de filtración. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Wildish *et al*, (1987) para *Placopecten magellanicus* ya que reportaron una reducción en la tasa de filtración cuando los organismos se orientaron con su abertura exhalante directamente hacia el flujo a velocidades entre 18 y 31 cm . seg<sup>-1</sup>. De la misma manera Eckman *et al*, (1989) encontraron para *Argopecten irradians concentricus* tasas de crecimiento más altas en posición a favor que en contra del flujo de agua.

Para *Argopecten irradians* (8 - 14 mm) a cualquier velocidad de flujo (1.4 - 17.2 cm . seg<sup>-1</sup>), las escalopas crecen más rápidamente con sus márgenes anteriores hacia la corriente, que es su posición preferencial; pero a velocidades mayores de 17 cm . seg<sup>-1</sup> su orientación cambia como estrategia para mantener altas tasas de crecimiento (Eckman *et al*. 1989). En contraste, Claereboudt *et al*. (1994) no detectaron diferencias en el crecimiento de *Placopecten magellanicus* cultivada en el campo en relación a la orientación de las escalopas hacia la corriente.

Los organismos fijos verticalmente presentaron un crecimiento excesivo de biso sobre la laminilla de plástico, lo cual hace suponer que las escalopas

al estar en posición vertical están más vulnerables a las corrientes. Podría suponerse que además de la posición, el gasto energético en producir el biso se reflejó en el menor crecimiento de éstas con respecto a las orientadas a favor y sueltas.

Las respuestas en crecimiento y peso seco del tejido a una misma concentración de alimento están en función unimodal de la velocidad de la corriente (Wildish y Saulnier, 1993). Consistentemente los juveniles de *Lyropecten subnodosus* cultivados con flujo de agua, independientemente de la orientación, tuvieron un crecimiento mejor que los controles que fueron organismos cultivados de manera estática. Además de que la TF se ve favorecida en condiciones de flujo, el gasto energético por captura de alimento es menor; aunque representa en el gasto total de energía metabolizable un porcentaje muy bajo. Generalmente el costo de bombeo estimado para *Mytilus edulis* es del 3% del gasto total (Widdows y Hawkins, 1989).

El crecimiento en concha y tejido de los juveniles aumentó a velocidades de corriente en un intervalo 5 - 10 cm . seg<sup>-1</sup>, esto supone que a este intervalo la TF se optimizó. A velocidades de 15 cm .seg<sup>-1</sup> estos índices disminuyeron ligeramente, lo que sugiere que para esta especie en juveniles, a velocidades de entre 10 y 15 cm . seg<sup>-1</sup> empieza a reducirse la TF como mecanismo inhibitorio a la velocidad de la corriente. A esta velocidad, los organismos sueltos tendían a despegarse e irse a la salida del canal lo que pudo haber afectado su crecimiento. En *Argopecten irradians* se reporta una disminución precipitada en el crecimiento a velocidades de flujo mayor a 3 cm . seg<sup>-1</sup> (Kirby - Smith, 1972) y para adultos de *Placopecten magellanicus* mayor de 10 - 20 cm . seg<sup>-1</sup> (Wildish *et al.* 1987). Lo anterior lo atribuyen a la formación de un diferencial de presión no favorable entre las aberturas inhalante y exhalante en el manto a altas velocidades (Wildish *et al.*, 1987).

Para fines acuaculturales en donde los organismos simplemente se dejan en los sistemas, una velocidad mayor de 10 cm . seg<sup>-1</sup> tendría efectos negativos en el crecimiento, tanto por arrastre, como por el efecto inhibitorio de la velocidad del agua en la TF de los organismos.

Se necesitaría ampliar el intervalo de velocidades de flujo para conocer mejor la respuesta de los organismos.

Las tasas de crecimiento bruto obtenidas en este experimento (0.11 - 0.2 mm . día<sup>-1</sup>) fueron consistentes con las tasas de crecimiento (0.00 - 0.24 mm . día<sup>-1</sup>) calculadas para juveniles de *Argopecten irradians* ( 3 - 10 mm ) a 18 - 23° C (Cahalan *et al*, 1989) y las calculadas por (Kirby - Smith y Barber, 1974) para *A. irradians* a 22 C ° (0.15 - 0.28 mm . día<sup>-1</sup>). Sin embargo, las tasas de crecimiento específico en el presente experimento (1.7 - 3.16 % . día<sup>-1</sup>) son más altas que las calculadas para juveniles de *Placopecten magellanicus* (0.54 % . día<sup>-1</sup>) (Wildish y Saulnier, 1992); esto debido posiblemente a que los organismos eran juveniles de tallas mucho mayores (41.5 - 55.8 mm) y se cultivaron a temperaturas más frías (12.7°C ).

Al considerar a *Lyropecten subnodosus* como una especie con potencial acuacultural, estos resultados dan la pauta para mejorar los métodos de cultivo usando sistemas con flujo de agua en vez de estáticos durante la etapa de precría, ya que las TF se ven favorecidas y, por consiguiente, el crecimiento y el peso de los organismos también.

### **6.3. Diferentes raciones alimenticias**

La eficiencia de crecimiento bruta (k1) que es la cantidad de biomasa que se incrementa por unidad de alimento ingerido, es un parámetro importante para la optimización de las raciones alimenticias en bivalvos (Goldstein y Roel , 1980 ; Urban *et al.*, 1983). En el presente trabajo las tasas de ingestión obtenidas fueron en sistemas estáticos por lo que este índice no se utilizó. No obstante se han hecho un número considerable de investigaciones para identificar que tan efectivos son los regímenes alimenticios, y uno de los

principales criterios a medir son las tasas de crecimiento en longitud (Walne, 1974).

De acuerdo a los resultados de este trabajo, todas las concentraciones de microalgas usadas produjeron máximo crecimiento de *Lyropecten subnodosus*; en concordancia con los experimentos de tasas de filtración, se puede concluir que las raciones ofrecidas fueron superiores al óptimo.

El patrón de respuesta tanto en el peso seco de tejido como en la longitud de la semilla bajo las diferentes raciones alimenticias coincide con los resultados obtenidos para las TF y TI. De acuerdo al primer experimento en donde una concentración de aproximadamente  $100,000 \text{ cel} \cdot \text{ml}^{-1}$  inhibió la TF de las escalopas, podría esperarse, que en el presente experimento a esa concentración no hubiera crecimiento en la semilla ; sin embargo, aunque la tendencia en la longitud y en el peso de los organismos fué de disminuir a esta ración, hubo un aumento considerable con respecto al control (no alimento). Esto se explica por lo discutido anteriormente en la cual la TF de los organismos se ve favorecida en sistemas de cultivo con flujo de agua, aunque la concentración alta limite de alguna manera el proceso de filtración, la velocidad del agua en el cultivo hace que el alimento sea forzado a ser filtrado por el sistema de los juveniles. Combinando los resultados de TF y raciones, se observa que la tasa de crecimiento no se inhibió totalmente sino que disminuyó. Es posible sugerir que la disminución en la TI se debió a una modificación temporal del comportamiento de las escalopas y probablemente este comportamiento sea una combinación de llenado del tubo digestivo → suspensión de la TF → vaciado de tubo → reinicio de TF.

Al finalizar el experimento no hubo diferencias en el crecimiento y en el peso seco de los organismos en las dos raciones bajas, ésto es de gran interés por que además de que apoya los resultados del primer experimento de una TI similar para las dos concentraciones, se obtuvo el mismo resultado usando una ración a la mitad de la concentración de la otra y, como se sabe, en esta etapa de desarrollo de los organismos es crítico el suministro de alimento.

Las tasas de crecimiento bruto obtenidas ( $0 - 0.11 \text{ mm} \cdot \text{día}^{-1}$ ) están en el intervalo de las tasas de crecimiento bruto reportados para la escalopa *Argopecten irradians* (Cahalan *et al.*, 1989; Kirby - Smith y Barber, 1974).

No se hicieron ajustes en las raciones de acuerdo al peso de los organismos como una manera de optimizar el alimento, ya que la duración del experimento fué sólo de dos semanas; sin embargo, fué tiempo suficiente para obtener respuestas en los índices utilizados. El tejido de los moluscos bivalvos está considerado como la principal fracción fisiológicamente activa (Gerdes, 1983), por ésto, el peso seco del tejido se relaciona con la TF, la concentración de alimento, los flujos, etc.

Cabe resaltar que al inicio de los experimentos los juveniles de *Lyropecten subnodosus*, presentaron pesos secos del tejido muy bajos (alrededor de 2 mg para organismos de 5 - 6 mm) comparándolos con pesos y tallas de organismos de otros trabajos. Por ejemplo, para juveniles de *Argopecten irradians irradians* de 5 - 8 mm de longitud, el peso seco del tejido fué de 5.7 - 15.7 mg (García-Esquivel y Bricelj, 1993); sin embargo, de acuerdo a los resultados del experimento con diferentes raciones, los organismos presentaron un poder de recuperación alto, ya que se estabilizaron en el peso del tejido y la talla en las diferentes raciones al finalizar el experimento.

Ya que en la etapa de precría de los moluscos bivalvos uno de los principales problemas a resolver es proveerles adecuadamente el alimento, los objetivos resueltos en este trabajo dan un marco de referencia para el mejor conocimiento de la especie y el inicio de la tecnología de cultivo con mayor éxito.

## 7. CONCLUSIONES

Los juveniles de la escalopa *Lyropecten subnodosus* regulan su tasa de filtración en respuesta a la concentración de alimento rico en contenido orgánico (microalgas) y mantienen una tasa de ingestión relativamente constante a concentraciones de T - ISO  $< 100 \text{ cel} \cdot \text{ml}^{-1}$ .

Los organismos orientados en posición a favor de la corriente se ven favorecidos en peso y tasa de crecimiento, en un intervalo de velocidades de corriente de  $5 - 10 \text{ cm seg}^{-1}$ . A velocidades mayores reducen su tasa de crecimiento.

Los valores en peso seco del tejido y longitud de la concha son significativamente menores en las escalopas cultivadas de manera estática que con velocidad de agua.

Para optimización del alimento, la ración de  $33,000 \text{ cel} \cdot \text{ml}^{-1}$  de microalgas (la menor ofrecida), asegura un crecimiento máximo de los juveniles, sin embargo, se piensa que aún está por encima del óptimo .

## 8. Literatura Citada

- Baqueiro-Cárdenas, E. 1984. **Status of molluscan aquaculture on the Pacific coast of México.** *Acuaculture*, 39: 83-93.
- Bayne, B. L. y Newell, R. C. (1983). **Physiological energetics of marine molluscs.** In (Ed), *The mollusca*, vol. 4; Academic Press; pp. 407 - 515.
- Bayne, B. L.; Hawkins, A. J. S.; Navarro, E.; Iglesias, I. P. (1989). **Effects of seston concentration on feeding, digestion and growth in the mussel *Mytilus edulis*.** *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 55: 47 - 54.
- Bernard, F. R. 1988. **Catalogue of the living bivalvia of the Eastern Pacific Ocean: Bering strait to cape hom.** *The Festivus*, 20 (6):46 pp.
- Bricelj, V. M., y Malouf, R.E. 1984. **Influence of algal and suspended sediment concentrations on the feeding physiology of the hard clam *Mercenaria mercenaria*.** *Mar. Biol.*, 84: 155 - 165.
- Bricelj, V. M., Epp, J. and Malouf, R.E. 1987a. **Comparative physiology of young and old cohorts of bay scallop *Aequipecten irradians irradians* (Lamarck): mortality, growth, and oxygen consumption.** *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 112: 73 - 91.
- Bricelj, V. M. y Shumway S. 1991. **Physiology: Energy acquisition and utilization** Chapter: 5 IN: S. E. Shumway (Editor). *SCALLOPS: Biology, Ecology and Aquaculture.* Elsevier. Amsterdam - Oxford - New York - Tokio.
- Caddy, J. F. 1968. **Underwater observations on scallop *Placopecten magellanicus* behaviour and drag efficiency.** *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 25(10): 2/23-2141.
- Cahalan, J. A., Siddall, S. E. y Luckenbach M. W. 1989. **Effects of flow velocity, food concentration and particle flux on growth rates of juvenile bay scallops *Argopecten irradians*.** *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1989, Vol. 129, pp. 45 - 60.
- Carvajal - Rascón, M. 1987. **Cultivo larvario de la almeja mano de león *Lyropecten subnodosus*, a partir del crecimiento y maduración gonadal de los reproductores.** Tesis de maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas. Guaymas, Son. México.

Claereboudt, M. R., Himmelman, J. H. y Coté J. 1994. **Field evaluation of effect of current velocity and direction on the growth of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, in suspended culture.** J. of Exp. Mar. Biol. Ecol. 183 27 - 39.

Claus, C., 1981. **Trends in Nursery Rearing of Bivalve Molluscs.** p.p. 1 - 3. En: Nursery Culturing of Bivalve Molluscs. Claus C., N. De Pauw y E. Jaspers (Eds). EMS Special Publication No. 7 , European Mariculture Society, Bredene, Belgium. 394p.

Cranford, P. y Grant, J. 1990. **Particle clearance and absorption of phytoplankton and detritus by the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin).** J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 1990, Vol. 137, pp. 105 -121.

Eckman, J. E., Peterson, C. H. y Cahalan, J. A. 1989. **Effects of flow speed, turbulence, and orientation on growth of juvenile bay scallops, *Argopecten irradians concentricus* (Say).** J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 132: 123 - 140.

Felix - Pico, E. F. 1993. **Estudio biológico de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1983) en Bahía Magdalena, BCS, México.** Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, BCS.

Foster - Smith, R. L. 1975. **The effect of concentration of suspension on the filtration rates and pseudofaecal production for *Mytilus edulis* L., *Cerastoderma edule* (L.) and *Venerupis sulastra* (Montagu).** J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 17: 1 - 22.

Foster - Smith, R. L. 1976 . **Some mechanisms for the control of pumping activity in bivalves.** Mar. Behav. Physiol., 4: 4160.

García-Esquivel, Z y V. Monica Bricelj. 1993. **Ontogenic Changes in Microhabitat Distribution of Juvenile Bay Scallop, *Argopecten irradians irradians* (L.), in Elgrass 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.

Goldstein, B. B. y Roels, O. A., 1980. **The effect of feed density on the growth of juvenile *Mercenaria campechiensis*, the southern hard clam.** Proc. World. Maricul. Soc. 11:192 - 201.

- Hartnoll, R. G. 1967. **An investigation of the movement of the scallop, *Pecten maximus***. Helgol. Wiss. Meeresunters, 15: 523 - 533.
- Jorgensen, C. B., Famme, P., Kristensen, H. S., Larsen, P. S., Mohlenberg, F. y Riisgard, H.U. 1986. **The bivalve pump**. Mar Ecol. Prog. Ser. , Vol. 34, pp. 69 - 77.
- Jorgensen, C.B., 1990. **Bivalve Filter Feeding: Hidrodynamics, Bioenergetics, Physiology and Ecology**. Olsen & Olsen, Fredensborg , Denmark, 140 pp.
- Keen, A. M. 1971. **Sea shell of tropical west America**. Stanford University Press. Stanford, California, EUA.
- Kirby - Smith, W. W. 1972. **Growth of the bay scallop: the influence of experimental water currents**. J. Exp. Mar. Bio. Ecol., 8: 7 - 18.
- Kirby - Smith, W.W. y R.T. Barber, 1974. **Suspension - feeding aquaculture systems: effects of phytoplankton concentration and temperature on growth of the bay scallop**. Aquaculture, Vol. 3, pp. 135 - 145.
- Kuenstner, S. H., 1988. **The effects of the "Brown Tide" alga on the feeding physiology of *Argopecten irradians* and *Mytilus edulis***. M. S. thesis, State University of New York at Stony Brook, New York., 84 pp.
- LaBarbera, M. 1981. **Water flow patterns in and around three species of articulate braquiopods**. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 55:185-206.
- Loosanoff, V. L., y H. C. Davis. 1963. **Rearing of bivalve mollusks**. Adv. Mar. Biol. 1 : 2 - 130.
- Malouf, R. E. y Bricelj, V. M., 1989. **Comparative biology of clams: environmental tolerance, feeding and growth**. Chapter 2 In: J. Manzi and M. Castagna (Editors), Clam Mariculture in North America. Elsevier, New York, pp. 23-73.
- Marin, V., M. E. Huntly y B. Frost . 1986. **Measuring feeding rates of pelagic herbivores: and analysis of experimental design and methods**. Mar. Biol., Vol. 93, pp.49 - 58.
- Marshal, N., 1960. **Studies of the Niantic River, Connecticut with special reference to the bay scallop, *Argopecten irradians***. Limnol. Oceanogr., 5: 86 - 105.

- Miller, G. C., Allen, D.M. y Costello, T.J. 1981. **Spawning of the calico scallop *Argopecten gibbus* in relation to season and temperature.** J. Shellf. Res., 1; 17 - 21.
- Mohlenberg F. y Riisgard, H. U., 1978. **Efficiency of particle retention in 13 species of suspension feeding bivalves.** Ophelia, 17 (2): 239 - 246.
- Prins, T. C; Smaal, A. C. y Pouwer, A. J. (1991). **Selective ingestion of phytoplankton by bivalves *Mytilus edulis* L. and *Cerastoderma edule* (L).** Hidrobiol. Bull., 25: 93 - 100.
- Reyes-Sosa, C.F. 1985. **Experimental spat collection of the catarina scallop, *Argopecten circularis* in Bacochibampo Bay, Guaymas, Sonora, México.** A thesis of Master of Science, The University of Miami, Coral Gables, Florida, 68 pp.
- Reyes-Sosa, C. 1988b. **Crecimiento en cultivo suspendido de escalopa catarina *Argopecten circularis* en la Bahía de Bacochibampo, Guaymas, Sonora, México.** VII Simposio Internacional de Biología Marina, U.A.B.C.S., del 1 - 5 de junio, La Paz, B. C. S. 26 pp (resumen).
- Riisgard, H. U., 1988. **Efficiency of particle retention and filtration rate in 6 species of Northeast American bivalves.** Mar. Ecol. Prog. Ser., 45: 217 - 223.
- Urban, E. R. Jr., Pruder, G. D. y Langdon, C. J. 1983. **Effect of ration on growth and growth efficiency of juveniles of *Crassostrea virginica* (Gmelin).** Journal of Shellfish Research, Vol. 3, No. 1, 51 - 57, 1983.
- Walne, P. R. 1972. **The influence of current speed, body size, and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves.** J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 52 : 345 - 374.
- Walne, P. R. , 1974. **Culture of Bivalve Molluscs. 50 Year's Experience at Conwy.** Fishing News (Books) Ltd., Farnham, Surrey, 173 pp.
- Widdows, J y Hawkins, A. J. 1989. **Partitioning rate of heat dissipation by *Mytilus edulis* into maintenance, feeding and growth components.** Physiological Zoology, 62 : 764 - 784.
- Winter, J.E. 1969. **On the influence of food concentration and other factors on filtration rates and food utilization in the mussels *Arctica islandica* and *Modiolus modiolus*.** Mar. Biol. , 4: 87-135.

Winter, J. E. 1973. **The filtration rate of *Mytilus edulis* and its dependence on algal concentration, measured by a continuous automatic recording apparatus.** Mar. Biol. (Berl.) 22:317 - 328.

Winter, J.E. 1978. **A review on the knowledge of suspension - feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems.** Aquaculture, 13 1 - 33.

Wildish, D. J. y Kristmanson, D. D., 1975. **Control of suspension feeding bivalve production by current speed.** Helgolander Meeresunters., 39: 237 - 243.

Wildish, D.J., Kristmanson, D.D., Hoar, R. L. DeCoste, A.M., McCormick, S.D. and White, A. W., 1987. **Giant scallop feeding and Growth responses to flow.** J. Exp. Mar. Bio. Ecol., 113: 207 - 220.

Wildish, D.J. y Kritismanon, D. D., 1988. **Growth response of giant scallops to periodicity of flow.** Mar. Ecol. Prog. Ser., 42: 163 - 169.

Wildish, D. J. y Saulnier, A. M., 1992. **The effect of velocity and flow direction on the growth of juvenile and adult giant scallops.** J. Exp. Biol. Ecol., 133 - 143.

Wildish, D. J. y Saulnier, A. M., 1993. **Hydrodynamic control of filtration in *Placopecten magellanicus*.** J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 174 65-82.