

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

Adaptación del sistema flotante de flujo ascendente (FLUPSY) para la producción de semillas del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Bahía San Quintín, Baja California, México.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

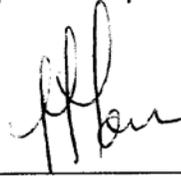
Benjamín Jiménez Ochoa

Ensenada, Baja California, Octubre del 2011.

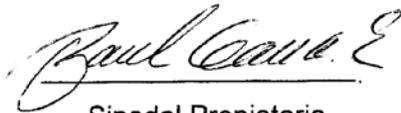
**Adaptación del sistema flotante de flujo ascendente
(FLUPSY) para la producción de semillas del ostión
japonés (*Crassostrea gigas*) en Bahía San Quintín, Baja
California, México.**

TESIS
QUE PRESENTA
Benjamín Jiménez Ochoa

Aprobada por:



Presidente del Jurado
M.C. Francisco Ley Lou



Sinodal Propietario
Dr. Zaul García Esquivel



Sinodal Propietario
M.C. Antonio Herón Silva Loera

A mi esposa

María Dolores González Ramírez,
con todo mi cariño y amor eterno.

A mis hijos

Héctor Alonso,
Juan Benjamín,
Luis Guillermo

con todo mi amor y que sean triunfadores en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Al MC Francisco Ley Lou por su apoyo y dirección de la presente tesis.

A mis sinodales Dr. Zaul García Esquivel y MC Antonio H. Silva Loera por las correcciones al presente trabajo y todas sus confianzas.

A la Fundación Produce, B.C. por el apoyo económico para la realización de la presente tesis de licenciatura.

A la empresa Acuícola San Quintín, S.A. de C.V. por su apoyo en las actividades de campo para que la presente tesis sea realidad.

... GRACIAS !

RESUMEN.

El método del Sistema Flotante de Flujo Ascendente (FLUPSY por sus siglas en Ingles), fue utilizado para el crecimiento de semillas del ostión *Crassostrea gigas* en Bahía San Quintín, B.C. El sistema utiliza como principio, el flujo de grandes volúmenes de agua para proveer de alimento y oxígeno a los recipientes (barriles) con altas densidades de organismos. Este estudio considero diferentes objetivos: a) Estimar el crecimiento de la semilla en el FLUPSY; b) Establecer la capacidad de carga biológica del sistema; c) Estimar la factibilidad económica del sistema en BSQ. Los resultados mas relevantes fueron: a) Se probó la viabilidad técnica del proyecto, para engorda de semilla, utilizando energía eléctrica generada por diesel; b) Se recomienda la realización de dos corridas anuales para mantener la viabilidad financiera; c) Se recomienda la utilización de semillas con talla de 2 mm y desarrollarla hasta 20 mm; d) Capacidad de carga por FLUPSY es de 450,000 semillas por corrida; e) Se estimo un periodo de dos años para la amortiguación inicial del proyecto y con una ganancia neta de \$ 3,850.00 (US dólares). Se concluye que el sistema del FLUPSY en Bahía San Quintín es técnica y financieramente viable.

Palabras clave: Flupsy, *Crassostrea gigas*, Bahía San Quintín.

INDICE.

1. Introducción.....	1
2. Objetivo.....	4
3. Área de Estudio.....	5
4. Materiales y Métodos.....	10
4.1. Fundamento del FLUPSY	10
4.2. Construcción del FLUPSY.....	11
4.3. Funcionamiento del FLUPSY.....	12
4.4. Procesos Experimentales.....	14
4.5. Análisis Técnico-financiero.....	15
5. Resultados	16
5.1. Variables hidrológicas de la columna de agua.....	16
5.2 Crecimiento y sobrevivencia de las semillas.....	16
5.3. Capacidad de carga en los tanques del FLUPSY.....	20
5.4. Viabilidad Financiera del Proyecto.	22
6. Discusión.....	24
6.1 El método de flujo continuo	24
6.2. Proceso Experimental y Viabilidad Financiera.....	27
7. Conclusiones.....	30
8. Citas de las Bibliografías Consultadas	31

LISTA DE FIGURA.

Figura 1. Localización del área donde ● se efectuó los experimentos del FLUPSY en Bahía Falsa.....	9
Fig. 2. El principio sobre la dinámica del agua en el sistema del FLUPSY utilizado.....	13
Fig. 3. Mortalidad, crecimiento y volumen de semillas del <i>C. gigas</i> en barriles del FLUPSY y bolsas Vexar ubicados en Bahía San Quintín, durante el mes de Julio.....	19

LISTA DE TABLAS.

Tabla I. Resumen de las tallas inicial (SH_{inicial}) y final (SH_{final}) de tres cohortes de *C. gigas* cultivadas en un sistema FLUPSY en Bahía San Quintín durante Julio, Septiembre y Octubre. El precio comercial por millar está indicado para las tallas finales.....17

Tabla II. Capacidad de carga recomendada para los barriles del FLUPSY en aguas de Bahía San Quintín, basados en un sistema de 20 barriles y dos bombas de $\frac{3}{4}$ HP.....21

Tabla III. Inversión inicial y costos de operación asociados al cultivo de semilla de *Crassostrea gigas* en un sistema FLUPSY de 20 barriles, Basado en una operación de 1.5 mes..... 23

1. INTRODUCCION.

Bahía San Quintín (BSQ) es considerada como una laguna costera con alta productividad orgánica (Lara-Lara, 1980). Esta condición privilegiada ha dado por resultado que sea un de los sistemas costeros con gran potencial acuícola en la costa occidental de México. La elevada productividad orgánica ha permitido el desarrollo comercial de la acuicultura del ostión, la cual está sustentada en la especie *Crassostrea gigas* (ostión japonés). Esta especie de ostión fue introducida en la región por los años 70's del siglo XX. El éxito de este cultivo se debe en parte al rápido crecimiento y adaptación del organismo (Islas-Olivares, 1975). Además, el desarrollo de esta actividad se debe a que el ostión cuenta con demanda en el mercado regional.

La actividad ostrícola en la región, está basada en la fijación de las semillas sobre conchas madre. En las posteriores etapas de pre-engorda y engorda, las conchas madres son colocadas en sartas suspendidas de estantes intermareales (Polanco *et al.*, 1988). Este método de sartas es técnica y financieramente viable en la región (Ramos-Amezquita, 1987).

García-Esquivel *et al.*, (2000) mencionaron que se carecen de desarrollos y adaptaciones de nuevas tecnologías para esta actividad en Bahía San Quintín que pueda competir con otras partes del mundo. Esta falta de innovación tecnológica en el cultivo, ha generado que las producciones en los últimos 5 años sean menores de 500 toneladas anuales (Secretaría de Economía y Fomento Agropecuario de B.C., 2005). En relación con lo

anterior, es urgente modernizar las actividades del cultivo, mediante la adaptación de tecnologías competitivas para cada una de las etapas productivas. En este sentido, la etapa de poslarva temprana es uno de los estadios críticos del desarrollo en los moluscos bivalvos (García-Esquivel *et al.*, 2001), por lo que su cultivo controlado y masivo en el medio natural puede representar un avance tecnológico importante.

En los últimos 10 años, el uso de canastas y costales para cultivo de ostiones individuales se ha intensificado, lo cual ha redundado en un valor agregado mayor del producto final. Sin embargo, tal despunte en el cultivo de ostión individual, está limitado por la disponibilidad de semilla. Una solución para producir mayor cantidad de semillas, es el método Sistema Flotante de Flujo de Ascendentes (sigla en inglés: FLUPSY) (Bayes, 1981).

Esta metodología de flujo de agua ascendente presenta algunas ventajas:

- 1) La posibilidad de contener grandes cantidades de semillas en una pequeña área de cultivo.
- 2) El sistema permite la distribución del alimento de una manera homogénea para los organismos que están en la columna de agua del cultivo.
- 3) Los lotes de semillas se conservan libres de “fouling” son mantenidos limpios, debidos al flujo de agua que se desplaza a través de ellos. Este flujo retira las heces, pseudoheces y otros componentes residuales que pueden adherirse a los organismos.

En resumen, este método llega a generar condiciones óptimas para un crecimiento rápido y con índices de supervivencias altos en densidades de semillas altas. A pesar de contar con este magnífico implemento tecnológico para el crecimiento de semillas de moluscos bivalvos, todavía no está bien aprovechada en nuestro país.

A principio del presente siglo, la Universidad de Cornell implementó un novedoso sistema que utiliza una bomba sumergible del tipo axial, para incrementar las intensidades del flujo (Rivara *et al.*, 2002).

Estos autores señalan que se, pueden presentar aspectos muy ventajosos: a) Sistema compacto; b) Instalación directa en la zona de cultivo; c) Funciona como arte de cultivo y plataforma de trabajo; d) Cuenta con una vida útil de 8 a 10 años en el agua; e) El sistema soporta hasta 240,000 semillas de 30 mm o 4'000,000 de 2 mm (en aguas de Nueva York). Por las ventajas técnicas que ofrece este sistema (FLUPSY), ha llegado a ser arte de pre-engorda por excelencia para ostiones y almejas a nivel comercial en diferentes regiones de los Estados Unidos de América (Gardner, 2002; BC Shellfish Growers Association, 2005).

Consideramos que la transferencia de esta tecnología del FLUPSY para la zona ostrícola de San Quintín (área sin electrificación), podría ser una opción técnicamente viable, bomba impulsada por un generador diesel de bajo caballaje.

Creemos que la adaptación de la tecnología FLUPSY en Bahía San Quintín, permitirá a las granjas ostrícolas, tener una ventaja competitiva en los niveles de producción y calidad de organismos.

2. OBJETIVOS.

- Estimar el crecimiento de la semilla del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) con el sistema FLUPSY en Bahía San Quintín, B.C.
- Establecer la capacidad de producción de semilla con el sistema FLUPSY.
- Estimar la factibilidad económica de la utilización del sistema de FLUPSY en Bahía San Quintín.

3. ÁREA DE ESTUDIO.

Bahía San Quintín está localizada en la costa noroccidental de la Península de Baja California, entre los 30° 24' a 30° 30' Norte y los 115° 57' a 116° 01' Oeste (Fig. 1). En el área se presenta un clima árido, templado con lluvias en invierno. La temperatura tiene un promedio anual de 16 °C (INEGI, 1990), con medias para verano de 24 °C y 12 °C para invierno. En referencia a la precipitación pluvial es variable, pero tiene un promedio < 100 mm anual. Los vientos dominantes, son provenientes del Oeste o Noroeste. Con respecto a las velocidades del viento, promedian en verano de 35 km h⁻¹ y en invierno de 80 km h⁻¹, pero presentan periodos de calmas.

La Bahía tiene una forma de “Y”, presenta una orientación norte-sur. El sistema costero contiene un área de 41.6 Km², permanece comunicado con el mar por medio de una boca de 1.5 km de ancho en el extremo sur. La cuenca es bastante somera, tiene una profundidad ~ 1.80 m, durante la marea alta promedio.

Este cuerpo de agua costero, está dividido en dos brazos. La porción Este, se denomina Bahía San Quintín (BSQ) y tiene una longitud aproximada de 11 km con una anchura variable. La porción Oeste, se les conoce como Bahía Falsa (BF), tiene una longitud de 7 km y ancho promedio de 2 km. El bentos está caracterizada por tener un fondo uniforme, los sedimentos comprende desde gravas hasta arcillas. La distribución de los sedimentos, tiende a ser progresivamente fina y menos seleccionadas hacia el interior de la cuenca.

La dinámica de las masas de agua está influenciada por las mareas, puede generar hasta el 97 % de las corrientes del sistema (Álvarez-Borrego, 2004). Los flujos de mareas son los principales transportes de componentes disueltos y/o particulados en el sistema. Las mareas semi-diurnas son las predominantes, tienen rangos de 2.5 y 1.0 m para vivas y muertas, respectivamente. Las corrientes por mareas en el área de la boca puede llegar a una velocidad de 1.0 m s^{-1} , pero tiende a disminuir hacia el interior del sistema hasta 0.60 m s^{-1} (Ocampo-Torres, 1980). Las turbulencias generadas por las mareas producen una distribución vertical homogénea de las propiedades del agua (Martori-Oxamendi, 1989).

Bahía Falsa (BF) es el área donde se encuentra la mayor parte de los cultivos del ostión. Los estantes de cultivo quedan expuesta al medio ambiente, durante las mareas bajas (García-Esquivel *et al.*, 2000). Los tiempos de residencia de las masas de agua (a partir del balance de sal) para primavera y verano fluctúan entre 4 y 6 días, y para invierno de alrededor de 12 (Juárez-Villarreal, 1982; Hernández-Ayón *et al.*, 2004). En relación con las fluctuaciones de clorofila y temperatura tienen el mismo patrón de las mareas, siendo más evidente en áreas cercanas a la boca (Hernández-Ayón *et al.*, 2004). Este ecosistema funciona con un exportador de fósforo inorgánico e importador de nitrógeno inorgánico y carbono orgánico con respecto; sin embargo, para años El Niño mantiene una producción neta de nitrógeno inorgánico (Hernández-Ayón *et al.*, 2004). Las surgencias es un

fenómeno intermitente en la zona costera adyacente y la principal causa de fluctuación temporal del biomasa fitoplanctónica (Lara-Lara *et al.*, 1980).

El presente trabajo se llevó cabo en el brazo Oeste, denominado Bahía Falsa (BF), área donde se cultiva de manera comercial el ostión *C. gigas* (Fig. 1). Las larvas de ostiones experimentales fueron proporcionadas por la compañía Acuícola San Quintín, empresa que apoyó el estudio.



Figura 1. Localización del área (●) donde se realizaron los experimentos con el sistema "FLUPSY".

4. MATERIALES Y METODOS.

4.1 FUNDAMENTO DEL SISTEMA “FLUPSY”.

El sistema se fundamenta en el flujo de agua que asciende verticalmente de a través de la semilla de bivalvos presente en el sistema (Bayne, 1981). En la actualidad existen dos tipos de estos sistemas de flujos verticales (Manzi *et al.* 1986):

- 1) Sistema de flujo pasivo: Utiliza recipientes abiertos en ambos extremos para contener a los organismos. En el fondo se coloca una malla con aberturas apropiadas para retener el conglomerado de semillas. El agua es introducido en la parte subsuperficial del reservorio y es drenado por escurrimiento. Este proceso, consiste que el agua entra por la malla, a través del conglomerado de semillas y se drena en la superficie. El método permite que alimento y oxígeno circulen homogéneamente entre los organismos y se eliminen los desechos producidos.
- 2) Sistema de flujo forzado: Utiliza recipientes sellados del fondo para contener a los organismos. El flujo es introducido hacia el fondo del recipiente. El conglomerado de semillas, se coloca en una posición intermedia del reservorio. Los organismos son retenidos por una malla con las aberturas apropiadas. El agua fluye a través del conglomerado de semillas y eventualmente sale por la superficie del cilindro. De esta manera permite que alimentos y oxígeno se desplacen de manera homogénea entre los organismos y eliminen sus desechos.

4.2 CONSTRUCCION DEL SISTEMA “FLUPSY”.

La primera etapa del proyecto consistió en definir los requerimientos específicos, las adquisiciones de materiales y los equipos necesarios para la construcción del sistema.

El modelo del sistema utilizado en el estudio fue del tipo balsa-catamarán, descrito en detalle por sus inventores (Rivara *et al.*, 2002), el cual consistió en una estructura de tipo balsa con dimensiones de 8' x 20', se hizo con barotes de madera de 2" X 6". La parte central de la estructura, consta de un tubo de PVC (1' x 8'), tiene la función de descargar el agua. El corazón del sistema consiste en una bomba sumergible del tipo axial de $\frac{3}{4}$ HP y 5 amperes. La bomba tenía una capacidad de bombeo superior a 1,000 gal min⁻¹, y está colocada dentro del tubo de descarga para sacar el agua acumulada en esa zona. Entre el tubo de descarga y el esqueleto exterior de la balsa, se colocaron 10 barriles de plásticos con capacidad de 200 Litros (~ 0.28 X 0.83 m). Los barriles tenían el fondo, cubierto con mallas de 1.5 mm. Estos estuvieron conectados a lo largo del tubo de descarga, mediante tubos perforados de 4½" de diámetro.

La bomba funcionó continuamente para vaciar el tubo de descarga, succionando agua del fondo del barril y creando un flujo ascendente que se desplazó secuencialmente a través de la malla, las semillas del ostión y finalmente hacia el tubo de descarga, de donde fue devuelta al cuerpo de agua adyacente (Fig. 3). El flujo de agua ascendente de grandes volúmenes, aportó la plenitud de alimento y oxígeno a las semillas del ostión en las tres

dimensiones del barril, lo cual permitió cultivarlas en densidades altas y generar un crecimiento rápido y homogéneo. El sistema de flotación de la balsa-catamarán, consistió en bolsas rígidas de polietileno de 2' x 1' x 4' rellenas de hule espuma (foam). El esqueleto del FLUPSY, estuvo conformado de barrotes y tablas, de tal forma que el sistema funcionó como unidad de cultivo y plataforma de trabajo.

4.3 FUNCIONAMIENTO DEL FLUPSY.

En las inmediaciones de la empresa Acuícola San Quintín, localizada en Bahía Falsa, B.C., se construyeron y colocaron las estructuras de anclaje para la instalación del sistema. En este mismo sitio, se edificó la caseta para la instalación del generador de diesel que proporcionó electricidad para la bomba. Además, se instaló la infraestructura para el cableado eléctrico en el agua y en tierra.

El sistema FLUPSY fue colocado en la Bahía, se realizaron pruebas para asegurar el flujo homogéneo de agua en cada barril, el cual se ajustó de acuerdo con las densidades y tallas de las semillas. En estas pruebas se utilizaron conchas molidas de ostión, cuyo tamaño se ajustó con un tamizador para simular el peso de la semilla de ostión. El flujo se midió con un flujometro y se hicieron ajustes necesarios para lograr las velocidades de corrientes adecuadas dentro de los barriles.

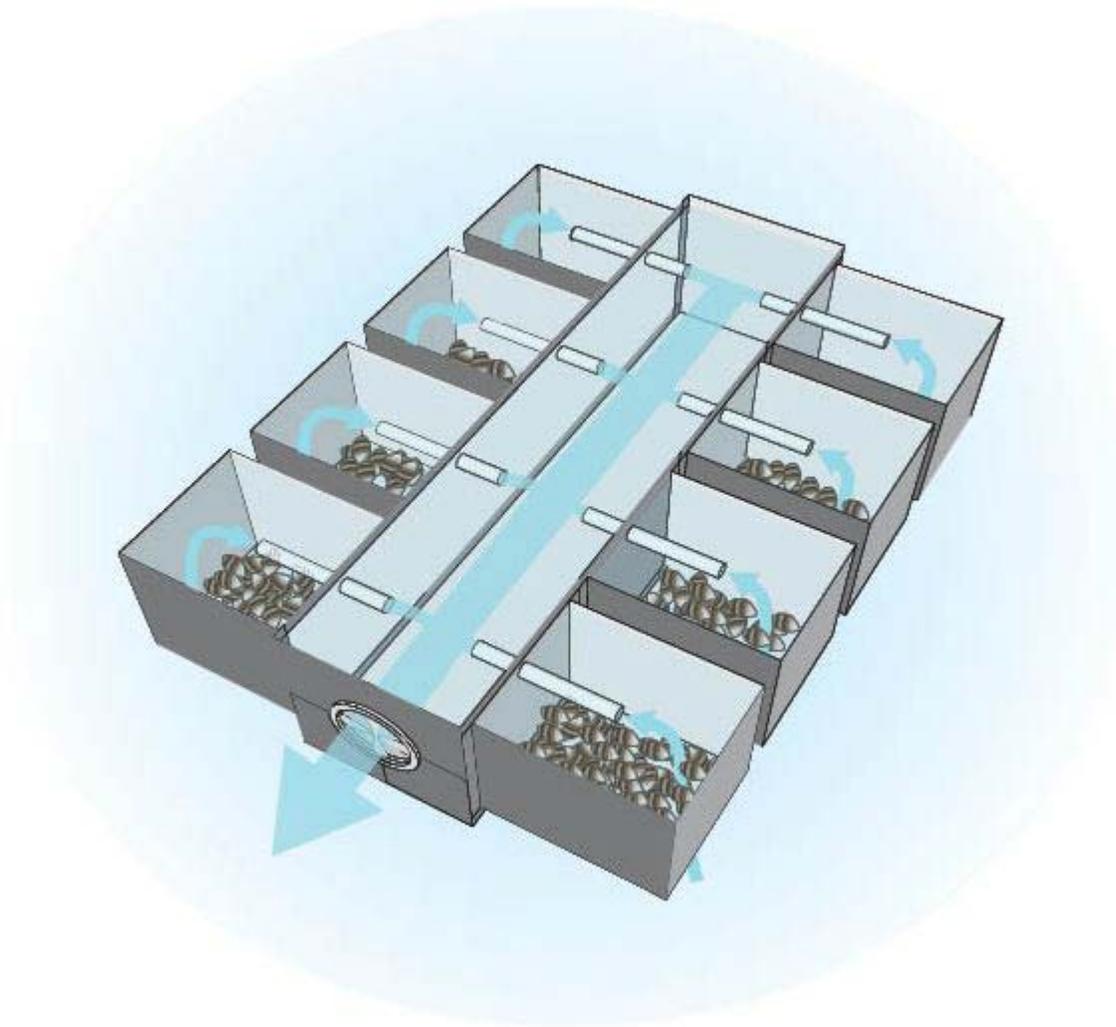


Fig. 2. El principio sobre la dinámica del agua en el sistema del FLUPSY utilizado.

4.4 PROCESOS EXPERIMENTALES.

El proyecto fue realizado en Bahía Falsa, B.C. (BF), área con intenso cultivo comercial del ostión *C. gigas*. El sistema FLUPSY y las bolsas Vexar se colocaron en el canal principal, cerca a la boca y frente a la empresa Acuícola San Quintín. Esta empresa apoyó el estudio, proporcionando las semillas de ostiones experimentales y espacio para la instalación de la planta generadora de electricidad.

Los experimentos consistieron en determinar las tasas de crecimiento y supervivencia y la capacidad de carga biológica de las semillas en los barriles. Estos se realizaron en forma independiente para cada talla de las semillas y tuvieron una duración aproximada de un mes por experimento. El primero fue realizado en julio, con organismos de 10 mm. En relación a los monitoreos de los organismos, fueron realizados cada 4 o 5 días, se registró el crecimiento y la mortalidad, así como el volumen acumulado de los mismos en los barriles de cultivo. Además, durante ese periodo de tiempo se hicieron ajustes al sistema con el fin de adaptarlo a las condiciones de las corrientes de mareas y vientos, prevalecientes en la Bahía. En este periodo de julio, se presentaron problemas graves de mantenimiento del generador, pero fueron eventualmente solucionados por el personal de la empresa donde se realizó el proyecto.

Los experimentos segundo y tercero fueron realizadas en septiembre y octubre (duración de un mes cada uno), con el propósito de evaluar el crecimiento y terminar de estudiar los costos operativos.

En cada experimento se usaron dos densidades y cuatro réplicas por densidad. Las variables a medir en todos los casos fueron tamaño y peso vivo.

4.5 ANALISIS TECNICO-FINANCIERO.

En el análisis financiero, se consideraron los aspectos relacionados con inversión inicial, costo de operación e ingresos por ventas. Durante el estudio se estableció una bitácora que incluían los gastos relacionados con esfuerzo invertido por unidad de cultivo (hora-hombre), gastos relacionados con la compra de combustible para el generador de electricidad que hace funcionar la bomba.

En el rubro técnico, los datos de crecimiento obtenido durante los experimentos de densidad, fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza de una vía, con el fin de definir la mejor densidad para cada talla experimental.

Con la conjunción de estos rubros financiero y técnico, se realizaron los cálculos sobre la viabilidad del sistema FLUPSY para el desarrollo de la semilla de *Crassostrea gigas* en Bahía San Quintín, B.C.

5. RESULTADOS.

5.1 VARIABLES HIDROLOGICAS DE LA COLUMNA DE AGUA.

Temperatura del agua es una de las variables determinantes en el desarrollo del ostión en Bahía San Quintín, B.C. En el presente estudio se encontró para el mes de julio un promedio de 23.98 ± 0.02 °C. En lo referente con septiembre se obtuvo promedio de 22.32 ± 0.03 °C y para octubre de 19.87 ± 0.06 °C.

En los meses de septiembre y octubre, se incluyó salinidad porque es una variable importante en el desarrollo del ostión. Encontramos un promedio de $S=34.55$ para septiembre y $S=34.72$ para octubre.

5.2 CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DE LAS SEMILLAS.

Las tasas de crecimiento y sobrevivencia de las semillas, obtenidas de las corridas experimentales, están resumidos en la Tabla 1. La tasa de crecimiento para la corrida del mes de julio (verano), fue de 0.45 mm d^{-1} , generaron organismos con talla de 21.1 mm. En septiembre (otoño), presentaron la tasa de crecimiento de 0.07 y 0.16 mm d^{-1} , predominó la menor con 73.6%. Las tallas de los organismos obtenidos fueron de 7.7 y 11.2 mm, respectivamente. Durante octubre se obtuvieron tasas de 0.09 y 0.14 mm d^{-1} , predominó la mayor con 66%. Los organismos producidos fueron de 8.7 y 10.4 mm, respectivamente. Estas dos diferentes tasas del crecimiento para septiembre y octubre se debe que se utilizaron dos diferentes lotes de semillas para cada mes.

Tabla 1. Resumen de las tallas inicial ($SH_{inicial}$) y final (SH_{final}) de tres cohortes de *C. gigas* cultivadas en un sistema FLUPSY en Bahía San Quintín, B.C. durante Julio, Septiembre y Octubre. El precio de venta por millar corresponde a las tallas finales.

ID	Tallas Inicial (mm)	Tallas Final (mm)	Sobrevivencia Mensual (%)	Numero de Organismos (L)	Frecuencia de Tallas (% total)	Tasa de Crecimiento	Precio por Millar US \$
JUL	9.8	21.1	59	680	100	0.45	24.00
SEP	4.6	11.2	87.2	7420	26.4	0.16	16.50
		7.7		11,500	73.6	0.07	12.00
OCT	5.2	10.4	90.5	9,440	66	0.14	16.50
		8.7		9,750	34	0.09	12.00

La sobrevivencia de las semillas en el mes de julio fue de 59 %, relativamente baja. Esta baja sobrevivencia se debió a una falla de la bomba sumergible y esto generó una mortalidad de las semillas (día 22 del experimento), cercana al 40%. En lo referente a los meses de septiembre y octubre la tasa de sobrevivencia promedió 89 % .

En el mes julio, se utilizaron el sistema FLUPSY y bolsas Vexar para comparar las tasas de crecimiento y sobrevivencia. Encontramos que el crecimiento fue ligeramente mayor en el sistema FLUPSY (20.9 ± 0.2 mm) (Fig. 4 a,b). En relación con las tasas de sobrevivencia, fueron mayores en las bolsas Vexar.

En el experimento de julio se consideraron las fluctuaciones en los volúmenes iniciales y finales, tanto en cada barril del sistema FUPSY como en las bolsas Vexar. En el inicio del experimento en cada barril se cargó con 8 L de semilla, mientras que la bolsa cargó con 0.5 L. Al final del experimento el volumen de semillas aumentó hasta 29.5 ± 1.75 L por barril, 1.75 ± 0.25 L por bolsa (Fig. 4c).

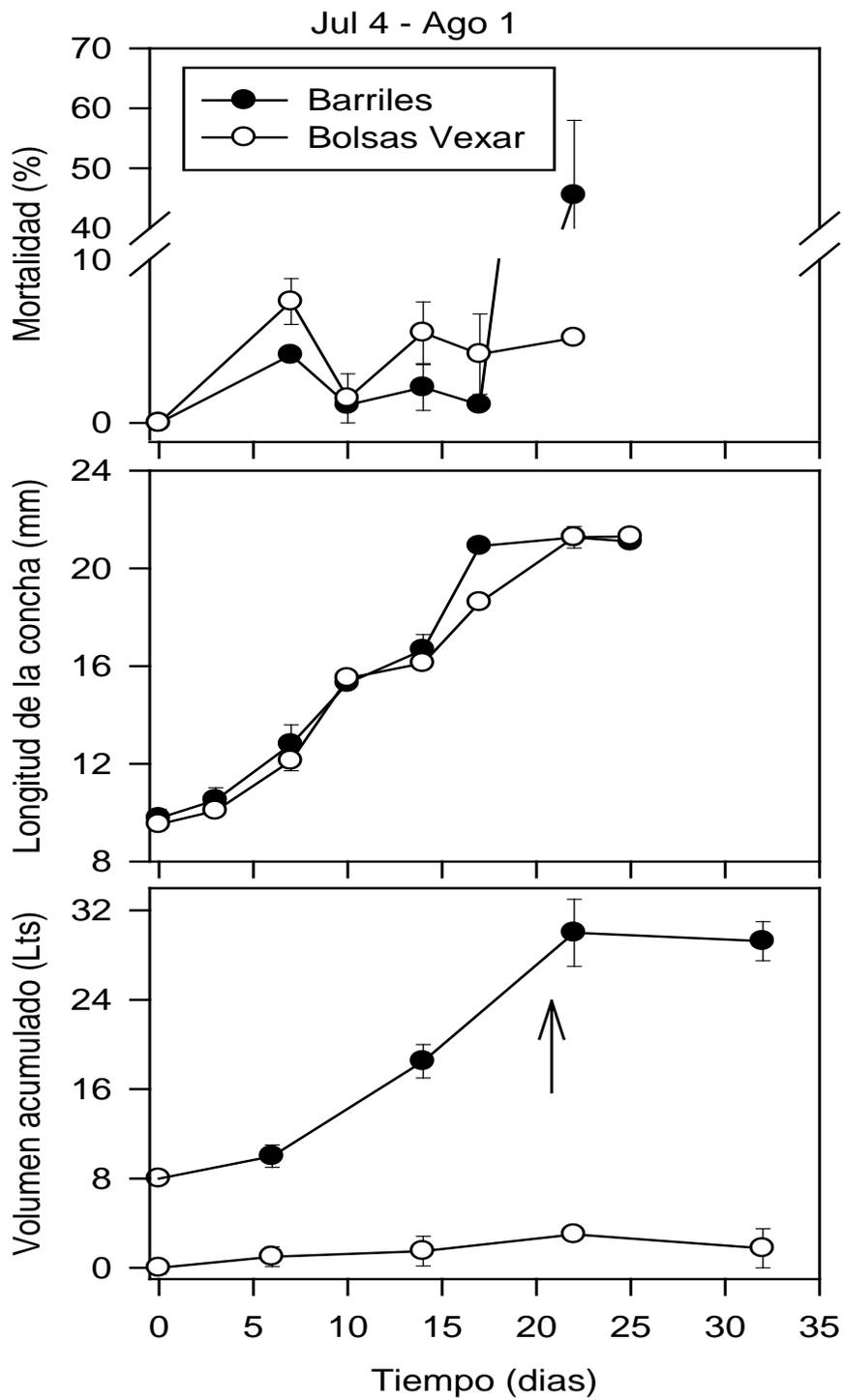


Fig. 3. Mortalidad y crecimiento en talla y volumen de semillas de *C. gigas* en barriles del sistema FLUPSY y bolsas Vexar en Bahía San Quintín, durante el mes de Julio.

5.3 CAPACIDAD DE CARGA EN LOS TANQUES DEL SISTEMA FLUPSY.

La capacidad de carga fue determinada de manera empírica, utilizaron los datos combinados de las tres corridas. Esta variable consistió en el volumen adecuado de semillas del ostión, pueda tener un movimiento homogéneo dentro del tanque de cultivo (Tabla 2).

El volumen adecuado de semillas en un barril, se definió con la combinación de flujo del agua y el libre movimiento de las semillas. De esta manera, el volumen recomendado de organismos, debió de conjugar las siguientes condiciones: a) las semillas no fueron arrastrada hacia arriba por el flujo ascendente del agua, y b) las semillas se mantuviesen un movimiento perceptible en el fondo del barril. Definido así, el volumen de semilla recomendado para las tallas de 4, 10 y 20 mm fueron 3.5, 16 y 35 L, respectivamente (Tabla 2). Según lo anterior, la capacidad de carga del FLUPSY para las tres talla de semilla fueron: 3.5, 1.5 y 0.25 millones (Tabla 2).

Tabla 2. Capacidad de carga recomendada para los barriles del FLUPSY en aguas de Bahía San Quintín, basados en un sistema de 20 barriles y dos bombas de ¾ HP.

Talla (mm)	Máxima capacidad por barril (Litros)	Altura de la cama en barril (cm)	Cantidad estimada de semilla/barril (No. organismos)	Máxima capacidad del FLUPSY (No. organismos)
4	3.5	1.5	358,000	7'160,000
10	16	7	150,000	3'000,000
20	35	15	140,000	450,000

5.4 Viabilidad Financiera del Proyecto.

La viabilidad financiera del proyecto fue calculado, conjuntando los datos biológicos experimentales, el precio de la semilla en el mercado (Taylor United, 2007) y los costos asociados al proyecto. En base a estas variables, se definieron los costos de operación y la viabilidad del proyecto en Bahía San Quintín o en cualquier zona rural de la región (Tabla 3).

El presente estudio donde la capacidad de producción del Sistema FLUPSY con 10 barriles, operado durante 1.5 meses, generó la cantidad de 225,000 semillas de 20 mm. Entonces con un sistema que tenga 2 bombas y 20 barriles, puede generar hasta 450,000 semillas que tendría el valor de \$ 10,800 US Dlls (Tabla 3). Los costos de operación, consistente en materiales y mano de obra, ascienden en a \$ 6,950 US Dlls. Si hacemos la diferencia entre ingresos y costos de operación, sería una ganancia \$ 3,850 US Dlls por cada corrida. En la región es posible realizar un promedio de dos corridas anuales, esto generará una ganancia total estimada de 7,700 \$US Dlls.

El proyecto con una inversión inicial de \$ 15,250 US Dlls. De acuerdo con estos números, la inversión inicial podría amortizarse en un lapso aproximado de 2 años. Esto hace que la utilización del sistema FLUPSY, sea rentable para una zona rural como bahía San Quintín y garantizaría la disponibilidad de semilla para los ostricultores de la región.

Tabla 3. Inversión inicial y costos de operación asociados al cultivo de semilla de *Crassostrea gigas* en un sistema FLUPSY de 20 barriles, Basado en una operación de 1.5 mes.

RUBROS	CONCEPTOS	\$US Dlls ^a
	INVERSIÓN INICIAL	
	8Kw generador diesel (1)	9,800
	FLUPSY estructura/flotación/barriles, etc.	3,500
	Electricidad (cable, controles, mano obra)	600
	Generador portátil de emergencia (1)	150
	Bombas axiales de ¾ HP (2)	1,200
	Sub-total	15,250
	INGRESOS	
VENTAS	Semilla de 20-mm (450,000) ^{b,c}	10,800
	Sub-total	10,800
	COSTOS DE OPERACIÓN	
MANO OBRA	1.5 meses, 2 trabajadores medio tiempo ^d	1,200
	Mantenimiento generador/bombas	100
	Otros (botas, guantes, impermeables)	250
	Sub-total	1,550
MATERIALES	Semilla de 2.5 a 4-mm (650,000) ^c	4,550
	Diesel, partes	750
	Rubros de reparación	100
	Sub-total	5,400
	INGRESOS - COSTOS DE OPERACIÓN	\$ 3,850

^a (1 \$US dll = 10 pesos).

^b basado en la capacidad máxima recomendada para el barril (35 L), y estimando ca. 70% sobrevivencia de 4 a 20 mm, en 1.5 mes.

^c Precio: \$US 7.00 por millar de semilla de 2 a 4 mm, y \$US 24.00 por millar de semilla de 16.1 a 20 mm semilla.

^d Considerando un trabajo de medio tiempo, 4h/día, 100 \$US /semana.

^a (1 \$US dll = 10 pesos).

^b basado en la capacidad máxima recomendada para el barril (35 L), y estimando ca. 70% sobrevivencia de 4 a 20 mm, en 1.5 mes.

^c Precio: \$US 7.00 por millar de semilla de 2 a 4 mm, y \$US 24.00 por millar de semilla de 16.1 a 20 mm semilla.

^d Considerando un trabajo de medio tiempo, 4h/día, 100 \$US /semana.

6. DISCUSIONES.

La acuicultura considera al crecimiento y sobrevivencia como sus principales variables biológicas. En moluscos bivalvos se han observado que diferentes factores pueden influir sobre estas variables biológicas. Entre estos factores influyentes, se incluyen ambientales (disponibilidad de alimentos y temperatura del agua) y fisiológicas de los organismos (edad, talla y madurez reproductiva) (Shumway, 1991). Cuando los moluscos bivalvos, utilizan los métodos suspendidos, se suman artes de cultivos (tipo, profundidad situada y tamaño de mallas), velocidad de las corrientes del medio, densidad de los organismos y agregación de biofouling (Holliday *et al.* 1991; Lam y Wang, 1990; Rodhouse y O'Kelly, 1981; Claereboudt *et al.* 1994). En este trabajo discutiremos el método de flujos continuos para el crecimiento y sobrevivencia de las semillas del ostión japonés *Crassostrea gigas* y la factibilidad económica de utilizar el sistema FLUPSY en la Bahía San Quintín, B.C.

6.1 El método de flujo continuo.

La dinámica del agua es considerada como el factor principal que puede determinar la disponibilidad de alimentos y oxígeno para los moluscos bivalvos. Lo anterior se debe a que estos animales están conglomerados en un sitio (Bayes, 1979).

En la actualidad existen diferentes métodos relacionados con flujos continuos de agua para el crecimiento de semillas de moluscos bivalvos. Uno de estos métodos, consiste en el desplazamiento unidireccional y horizontal

de agua (Whitney y Zahradnik, 1970). El agua fluye través de un conglomerado de organismos. Los bivalvos son colocados en canales formándose camas delgadas y alargadas para que el agua fluya libremente entre ellos. Estos canales pueden estar situados en tierra firme o sostenida por balsas en el agua. El método tiene la característica, mientras más largos o numerosos sean los canales, mayores cantidades de semillas pueden contener y tener buenos crecimientos. La premisa de contar con mayor longitud y números de canales, se requiere de mayores espacios e inversiones económicas. También, se incrementaría los gastos de bombeo del agua para que fluya por los canales. Este método es muy costoso y con pocas probabilidades para ser utilizado por los ostricultores en Bahía San Quintín, B.C., por falta de liquidez.

Existe otro método, está basado en el principio de flujo ascendente (FLUPSY), el desplazamiento es constante y uniforme por los organismos (Bayes, 1979). Este flujo de agua ascendente puede ser generado por energías naturales o humanas. El sistema puede ser colocado en tierra firme o en cuerpo de agua costero. El complejo colocado en tierra firme, debe estar cercano de la línea de costa porque utiliza el agua para el desarrollo de los moluscos bivalvos. Este método ciertas presenta ventajas, como facilidad en el mantenimiento y seguridad del sistema (Davis *et al.*, 2000). Sin embargo, puede presentar la desventaja de un elevado costo económico por el bombeo de agua. El sistema requiere del bombeo de agua costera para los

organismos. El esfuerzo y costo económico del bombeo, depende de su cercanía o lejanía de la fuente del agua.

El sistema de flujo ascendente colocado en el cuerpo de agua, tiene ciertas ventajas sobre el situado en tierra firme porque requiere de menor el esfuerzo para el bombeo del agua (Davis *et al.*, 2000). Uno de estos sistemas, puede utilizar la energía de la mareas para que generen el flujo de agua ascendente, descrito por Spencer y Hepper (1981). El método fue utilizada satisfactoriamente en Nueva Zelanda con el ostión *Tiostrea lutaria* (Hickman *et al.* 1999). En el área del estudio, la marea presentó una amplitud de 0.1 a 0.5 m. Entonces el método sería factible de aplicarse en Bahía San Quintín porque sus rangos de marea son 2.5 y 1.0 m para las mareas vivas y muertas, respectivamente. Sin embargo, para su aplicación se requeriría hacer estudios al respecto.

El sistema FLUPSY utilizado en el presente estudio, requirió de bombas sumergibles para el bombeo de agua hacia los barriles que contienen las semillas del *C. gigas*. Este sistema es efectivo porque puede mantener flujos constantes del agua y realizar las regulaciones necesarias (Rivara *et al.* 2002). El sistema requiere de electricidad para el funcionamiento de las bombas. En Bahía San Quintín para tener electricidad, se requiere de una planta y combustible para su funcionamiento. Esto incrementaría los gastos y disminuiría utilidad de la empresa. Sin embargo, se puede utilizar celdas solares y/o molinos de vientos para generar electricidad, esto abarataría la

inversión y los gastos para el funcionamiento del sistema. La aplicación de estas energías alternativas, se requiere de estudios al respecto.

6.2 Proceso Experimental y Viabilidad Financiera.

En el presente estudio encontramos la mayor tasa de crecimiento fue para el mes de julio. La tendencia de este comportamiento fue influenciado principalmente por la temperatura. Al respecto, existen diferentes estudios que han demostrado que la temperatura juega un papel preponderante en el crecimiento de los bivalvos (Laing *et al.*, 1987; Thompson y Nichols, 1988). En juveniles del ostión japonés *C. gigas*, la temperatura presento una influencia muy marcada sobre su crecimiento (Bacher y Baud, 1992). Además, Grant *et al.* (1990), encontraron que el crecimiento de *O. edulis* responde de manera positiva al incremento de la temperatura del medio ambiente, aun en periodos de una semana. Lo anterior, nos hace considerar que julio y agosto es época óptima para el crecimiento de las semillas.

En relación con la tasa de sobrevivencia de las semillas, se obtuvieron un promedio del 89% para septiembre y octubre. En referencia con el mes de julio, se encontró un promedio del 59%, relativamente bajo con respecto a septiembre y octubre. Esta alta mortalidad de julio fue debido a un desperfecto en el funcionamiento de la bomba. Si esta bomba no hubiera presentado este contratiempo, posiblemente la supervivencia seria semejante con septiembre y octubre. Existe estudio que han demostrado con el uso del FLUPSY para el crecimiento de semillas de los moluscos bivalvos, presentaron altas tasas de sobrevivencias (Ross *et la.* 2001, Ralonde, 1998).

En otro estudio como de Ralonde (1998), encontró el uso del FLUPSY para el desarrollo de semillas de bivalvos, generó una reducción del 10-30% en la mortalidad y mejoró la uniformidad en el crecimiento. Esta elevada sobrevivencia se debe que el sistema genera una distribución homogénea de alimentos y oxígeno entre los organismos que están en la columna de cultivo. Las altas tasas de crecimientos y una uniformidad en las tallas, tiende a estimular e incrementar la acuicultura (Ralonde, 1998).

En la corrida de julio, se incluyó bolsas Vexar para observar las tasas de crecimiento y supervivencia de las semillas con respecto del sistema FLUPSY. El estudio fue para observar los comportamientos de las variables entre los métodos. En este experimento, se observó la tasa de crecimiento entre estos métodos, no presentaron diferencias significativas. El comportamiento del crecimiento en las bolsas Vexar fue debido que el alimento llegó para todas sus semillas. En las bolsas se colocaron cantidades pequeñas de semillas, esto permitió una libre circulación del agua, y por consiguiente una excelente distribución del alimento y oxígeno entre ellas. Además, el flujo del agua desalojó los materiales de desechos de las bolsas y evitó sus efectos negativos hacia los organismos. En relación con sobrevivencia, presento mayores tasas en las bolsas Vexar, debido a la presencia de un problema en la bomba del sistema FLUPSY. Si no se hubiera presentado este problema probablemente se tendría la misma cantidad de sobrevivencias. En resumen se puede considerar que tanto bolsas Vexar como sistema FLUPSY, presentaron comportamiento

semejantes para crecimiento y sobrevivencias. Sin embargo, podemos considerar el FLUPSY tiene más ventaja porque puede contener mayores volumen de semillas por unidad de cultivo. En relación con lo anterior, si queremos crecer el mismo volumen de semillas de un barril (29.5 L), requeriríamos de 17 bolsas. Al respecto, el mantenimiento (hora-hombre) para 17 bolsas es mayor para un barril del sistema FLUPSY. Además, requiere de mayor espacio para contener 340 bolsas, la equivalencia a 20 barriles del sistema FLUPSY.

En la sección sobre viabilidad financiera, se evaluó los aspectos de inversión inicial, costos de operación e ingresos del producto. Según los cálculos del ingreso con 2 corridas anuales (julio y Agosto), el sistema del sistema FLUPSY se podría amortizar en un periodo de 2 años. Sin embargo, si incrementamos 2 corridas (mayo y septiembre), con duración de meses cada una. Además, se implementa el viento para generar electricidad para el funcionamiento de las bombas, se puede disminuir el gasto en el rublo de combustibles y mantenimiento de la planta de poder. En relación al combustible, se tendría un ahorro del 13% de los gastos anuales. De esta manera, aumentaría los ingresos anuales y será más redituable. De acuerdo con estos estudios financieros y técnicos podemos considerar que el uso del sistema FLUPSY, sería una excelente opción para el desarrollo de las semillas en Bahía San Quintín, B.C.

7. CONCLUSIONES:

- La utilización del sistema FLUPSY es técnica y financieramente viable para el crecimiento de las semillas de *Crassostrea gigas* en BSQ.
- Los meses de julio y agosto son los óptimos para el crecimiento de las semillas de *Crassostrea gigas* en BSQ.
- El sistema FLUPSY tiene la ventaja de crecer grandes cantidades y tallas más homogéneas de semillas en una pequeña área de cultivo.
- Es recomendable utilizar semillas con tallas de 2 mm y llevarlas hasta 20 mm.

8. CITAS DE LAS BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS.

Álvarez-Borrego, S. 2004. Dinámica de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera fuertemente afectada por surgencias costeras. *Ciencias Marinas*, 30 (1A): 1-19.

Bayes, J.C. 1981. Forced upwelling nurseries for oyster and clams using impounded water systems. In: C. Claus, N. DePauw and F. Jaspers (ed.) *Nursery Culturing of Bivalve Molluscs*. European Mariculture Society Special Publ. no. 7. EMS, Bredene. Belgium, pp. 73-82. 394 pp.

British Columbia Shellfish Growers Association. 2005. Nursery culture of juvenile shellfish. <http://www.bcsqa.ca/bcsgrs/nursery>

Claereboudt, M.R., D. Bureau, J. Cotê, J.H. Himmelman. 1994. Fouling development and its effect on the growth of juvenile scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Aquaculture* 121: 327-342.

Davis, C.V., D.F. Leavitt, J.A. Mariano. 2000. Design and evaluation of Floating Upweller System for nursery culture of juvenile clams and oysters. *J. Shellfish Res.* 19(1): 652.

FAO, 2004. Hatchery culture of bivalves: A practical manual. Rome, Italy. 177 pp.

Gardner, J.T. 2002. Oyster seed growth rates using FLUPSY (floating upweller system) vs. the currently used bag/float system and an analysis of the economic viability. (Virginia Sea Grant, Pilot Program Gant Summary, pp. 9-10.

Garcia-Esquivel, Z., M.A. Gonzalez-Gómez, S. Galindo-Bect y M. Hernandez-Ayon. 2000. Microgeographic differences in growth, mortality and biochemical composition of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) from San Quintín Bay, northwestern Mexico. J. Shellfish Res., 19: 789-798.

Garcia-Esquivel, Z., M.B. Bricelj and M.A. Gonzalez-Gómez. 2001. Physiological basis for energy demands and early postlarval mortality in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 263: 77-103.

Grant, J., C.T. Enright y A. Griswold. 1990. Resuspension and growth of *Ostrea edulis*: a field experiment. Mar. Biol. 104: 51-59.

Hernández-Ayón, J.M., M.S. Galindo-Bect, V. Camacho-Ibar, Z. García-Esquivel, M.A. González-Gómez y F. Ley-Lou. 2004. Dinámica de los nutrientes en el brazo oeste de Bahía San Quintín, Baja California, México, durante y después de El Niño 1997/1998. Ciencias Marinas, 30 (1A): 129-142.

Hickman, R.W., J. Illingworth, J. Forman, T.H. Kendrick. 1999. A pump-pot nursery system for rearing juvenile New Zealand dredge oyster *Tiostrea lutaria*. Aquac. Res., 30: 673-680.

Hidu, H., S.R. Chapman y D. Dean. 1981. Oyster mariculture in subboreal (Maine, United State of America) waters: cultchless setting and nursery culture of European and American oysters. Journal of Shellfish Research 1, 57-67.

Holliday J. E., G.B. Maguite, J.A. Nell. 1991. Optimum stocking density for nursery culture of Sydney rock oyster (*Saccostrea commercialis*). Aquaculture, 96:7-16.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1990. Baja California. Resultados definitivos. Datos por localidad (Integración patrimonial) XI Censo General de Población y Vivienda.

Islas-Olivares, R. 1975. El ostión japonés *Crassostrea gigas* en Baja California. Ciencias Marinas, 7(1):103-128.

Juárez-Villarreal, M.M. 1982. Modelo de dispersión para un estuario ramificado y su aplicación a Bahía San Quintín. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B.C. México. 79 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.

Lam C.Y., J.K. Wang. 1990. The effect of feed water flow rate on the growth of aquacultured *Crassostrea virginica* in Hawaii. Aquaculture Eng., 9:411-427.

Lara-Lara, J.R., S. Alvarez-Borrego, and L.F. Small. 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. J. Estuar. Coast. Mar. Sci., 22: 613-637.

Martori-Oxamendi, J.I. 1989. Variabilidad de la circulación y sus causas en Bahía San Quintín, B.C. Tesis de Maestría en Ciencias, CICESE, 110 pp.

Ocampo-Torres, F.J. 1980. Análisis de mareas y predicción de velocidad mediante un modelo unidimensional en Bahía San Quintín, B.C. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 94 pp.

Polanco, J.E., S.R. Mimbela; M.L. Belendez, M.A, Flores, A.L. Reinoso-Álvarez. 1988. Situación actual del cultivo de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en el noroeste de México. En: Situación Actual de las Principales Pesquerías Mexicana, Sría. de Pesca. Pp. 219-248.

Ramos-Amezquita, H.R. 1987. Determinación del artes mas rentable para el cultivo comercial del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en la Bahía de San Quintín. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC. 157 pp.

Rivara, G., K. Tetrault and R.M. Patricio. 2002. A low cost floating upwelling shellfish nursery system-construction and operation guide. Cornell Cooperative Extension Fact Sheet, 6 pp.

Robert, R. and A. Gerard. 1999. Bivalve hatchery technology: The current situation for the Pacific oyster *Crassostrea gigas* and the scallop *Pecten maximus* in France. Aquat. Living Resour. 12 (2) 121-130.

Rodhouse P.G., M.O. O'Kelly. 1981. Flow requirement of the oyster *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg in an upwelling column system of culture. Aquaculture, 22: 1-10.

Rolonde, R.L. 1998. Application of floating upwelling system (FLUPSY) for improved survival and growth of Pacific oyster seed (*Crassostrea gigas*) in Alaska. J. Shellfish Res. 17 (4):

Ross, P.G., F.X. O'Beirn and M.W. Luckenbach. 2001. Comparison of oyster *Crassostrea virginica* culture nursery and growth technique. Aquaculture Book of abstract 559 pp.

Secretaria de Fomento Agropecuario de Baja California. 2005. Serie histórica de la producción pesquera por especie. Gobierno del Estado de Baja California.

<http://www.sfa.gob.mx/estadistica/pesca.htm>

Shumway, S.E. 1991. Scallops: Biology, ecology and aquaculture. Elsevier Press, New York. 1095 pp.

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.

Spencer, B.E. y B.T. Hepper. 1981. Tidal-powered upwelling systems for growing nursery-size bivalves in the sea. In: C. Claus, N. DePauw and F. Jaspers (ed.) *Nursery Culturing of Bivalve Molluscs*. European Mariculture Society Special Publ. no. 7. EMS, Bredene. Belgium, pp. 283-309. 394 pp.

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.

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.

Version, L.B.M. y J.K. Wang. 1955. Design criteria for a fluidized bed oyster nursery. *Aquacultural Engineering* 14: 229-249.