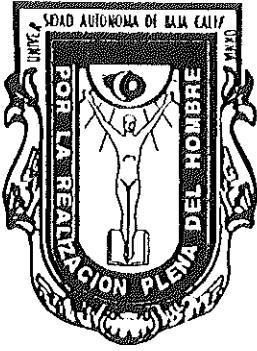


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**" FIJACION MASIVA DEL MEJILLON *Mytilus galloprovincialis*
EN COLECTORES ARTIFICIALES BAJO CONDICIONES
CONTROLADAS EN EL LABORATORIO"**



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA

GABRIELA VELASCO BLANCO


FIJACION MASIVA DEL MEJILLON *Mytilus galloprovincialis* EN COLECTORES ARTIFICIALES BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN EL LABORATORIO.

TESIS

QUE PRESENTA:

Gabriela Velasco Blanco

APROBADA POR:


PRESIDENTE DEL JURADO
Ocean. Luis E. García Pámanes


SINODAL
M.C. Zaúl García Esquivel


SINODAL
M.C. Antonio Trujillo Ortiz

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) en cuyas instalaciones se realizó este trabajo por todo el apoyo brindado.

A mí director de tesis Oc. Luis García Pámanes por permitirme trabajar con una de sus ideas, así como por su apoyo en el análisis y redacción del trabajo, mi más sincero agradecimiento.

Al M.C. Antonio trujillo ortiz por su asesoría en el análisis estadístico, su tiempo y sus valiosos consejos durante las correcciones de este trabajo.

Al M.C. Zaúl García Esquivel por su tiempo y acertadas críticas durante la elaboración de este trabajo.

A Griselda Parés, McAnally, Guillermina Chi y Fernando García por su valiosa ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A Javier García y Octavio Medina por su colaboración durante la fase experimental y a Fernando Espinoza por su colaboración en la elaboración de los colectores, así como a todas las personas que de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

A mis maestros de la Facultad de Ciencias Marinas por sus enseñanzas y a mis compañeros de la XXXIII Generación y de la Especialidad por su amistad.

Muy especialmente a mis amigos Leticia y Enrique, Martha y Juan, Jazmin y Victor, Emilio, Trini, Minerva, Chapis, Fernando, Fermochis, Toño, Pablo, Conrado, Arturo, Alex, Jorge, German, Angel, Thelina y Aramis por el privilegio de contar con su amistad.

A los salvavidas por todo lo que aprendí y compartí con ellos.

Al equipo de basketball femenino y al Sida por los agotadores y emocionantes partidos y por su amistad.

RESUMEN

Se evaluó la preferencia de las larvas de *Mytilus galloprovincialis* al momento de la fijación, sobre tres aspectos: tipo de material, patrón de circulación del agua y profundidad del tanque. Los materiales que se probaron fueron cuerdas de polipropileno de fibras texturizadas, fibras planas y fibras redondas. Las zonas de circulación del agua evaluadas fueron tres centros de celda, una zona de descenso del agua y una zona de ascenso. Las profundidades que se analizaron fueron a los 5, 15, 25 y 35 cm de profundidad.

El experimento se inició en el momento en que las larvas se encontraban listas para la fijación y metamorfosis (60% de mancha ocular y una talla promedio de 220 μm). El proceso de fijación tuvo una duración de dos semanas.

La fijación de la semilla fue mayor sobre las cuerdas de polipropileno de fibras texturizadas que sobre las cuerdas de polipropileno de fibras planas y redondas. Se presentaron diferencias significativas entre las fibras texturizadas con respecto a las otras dos ($p < 0.05$).

La fijación de la semilla ocurrió con mayor preferencia en la zona de ascenso del agua, seguida de la zona de centro de celda y en menor grado en la zona de descenso del agua, existiendo diferencias significativas entre las zonas ($p < 0.05$).

La fijación de la semilla sobre las muestras analizadas en las 4 diferentes profundidades mostró una preferencia hacia la profundidad de 5 cm, existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a las profundidades de 15, 25 y 35 cm, entre estas tres últimas profundidades, no existieron diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Se concluye que las cuerdas de polipropileno de fibras texturizadas son los colectores más eficientes de los tres materiales probados, que el patrón de circulación del agua que favorece más la fijación es la zona de ascenso del agua y enseguida el centro de celda, y que la profundidad en la que se obtiene la más alta fijación es a los 5 cm.

El porcentaje de sobrevivencia a la fijación en base al número inicial de larvas por tanque (12×10^6) al concluir el experimento fue de 43.67% para el Tanque I, 42.45% para el Tanque II y de 46.10% para el Tanque III.

Lista de figuras

	Página
Figura 1.	Corte lateral de un tanque de fijación mostrando la posición de los tubos de aireación y las celdas de circulación del agua.14
Figura 2.	Corte lateral de un tanque de fijación mostrando la posición de las muestras en las diferentes zonas de circulación (3 centros de celda, una zona de descenso y una zona de ascenso del agua) y de las muestras para las 4 diferentes profundidades (5, 15, 25 y 35 cm), en 2 centros de celda y en una zona de descenso del agua.....15
Figura 3.	Intervalos de confianza al 95% para las medias de los tratamientos (Zona-Prof.) del número de organismos fijados en los segmentos de cuerda. C = centro de celda, D = zona de descenso, 1 = prof. 5cm, 2 = prof. 15cm, 3 = prof. 25cm, y 4 = prof. 35cm.....23
Figura 4.	Segmentos de cuerda de 5 cm de los 3 materiales evaluados, mostrando las fijaciones obtenidas por cada uno de ellos durante el experimento. De izquierda a derecha se observa el material de polipropileno de fibras redondas, el de fibras planas y el de fibras texturizadas.....37

Lista de tablas

	Página
Tabla I.	Resultados del Análisis de Varianza paramétrico de dos vías de los datos de la fijación de semilla en relación con la profundidad y la zona del tanque.....24
Tabla II.	Prueba de comparación múltiple, mediante el Método de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para los datos de la fijación de semilla en relación con la profundidad y la zona del tanque, comparando las profundidades.....25
Tabla III.	Prueba de comparación múltiple, mediante el Método de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para los datos de la fijación de semilla en relación con la profundidad y la zona del tanque, comparando las zonas del tanque.....25
Tabla IV.	Resultados del Análisis de Varianza paramétrico de dos vías de los datos de la fijación de semilla en relación con el tipo de material y la zona del tanque.....27
Tabla V.	Prueba de comparación múltiple, mediante el Método de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para los datos de la fijación de semilla en relación con el tipo de material y la zona del tanque, comparando los diferentes materiales.....28
Tabla VI.	Prueba de comparación múltiple, mediante el Método de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para los datos de la fijación de semilla en relación con el tipo de material y la zona del tanque, comparando las zonas del tanque.....28
Tabla VII.	Número de organismos fijos en las paredes y sobre los colectores (primero y segundo estrato) en cada tanque, así como el porcentaje que representa del número total de organismos fijos en el tanque.....32

1.0 INTRODUCCION

Hasta hace algunas décadas la explotación del mar había sido confinada a su producción natural; sin embargo, recientemente se ha impulsado el desarrollo de la acuicultura como posible suplemento a esa explotación, siendo el cultivo de moluscos bivalvos uno de los más practicados (Bayne, 1976), tal como los ostiones y mejillones, organismos filtradores que ocupan una posición baja en la pirámide alimenticia marina (Milne, 1972).

El cultivo de mejillones (*Mytilus spp.*) en las zonas costeras constituye un método eficaz para transformar el fitoplancton marino en alimentos nutritivos y apetitosos (Korringa, 1979).

El género *Mytilus* está prácticamente extendido por todo el mundo, alternando o conviviendo con otros géneros; varias especies del género *Mytilus* son objeto de cultivo (Figueras, 1979). En Europa, su cultivo se practica principalmente en España, Francia y Holanda (Coll, 1983); otros países en que la miticultura a cobrado gran importancia son la República Popular de China (Zhang, 1984), Chile, Nueva Zelanda, Filipinas, India, Corea y Australia (Figueras, 1979).

Casi toda la producción comercial mundial de mejillones cultivados pertenece al mejillón común *Mytilus edulis* y al mejillón mediterráneo *Mytilus galloprovincialis*, (Bardach *et al.*, 1986).

El cultivo de mejillón, uno de los más valiosos en la acuicultura, no sólo se encuentra distribuído por todo el mundo, sino que se cuentan entre los mariscos más nutritivos. Cada 100 gr de carne del mejillón *Mytilus edulis* contiene 95 calorías, 78.6% de humedad, 14.4% de proteínas, 2.2% de grasa, 3.3% de carbohidratos, además de 88.8 mg de Calcio, 236 mg de Fósforo y 3.4 mg de Hierro (Hurlburt y Hurlburt, 1975). Además de esto, bajo buenas condiciones, la tasa de crecimiento de los mejillones es rápida y la producción puede ser alta (arriba de 45 ton/acre/año) (Nash, 1974).

El cultivo de mejillón a escala comercial tiene como factor limitante el abastecimiento de semilla en cantidades adecuadas y una disponibilidad constante a lo largo del tiempo (García-Pámanes, 1984). Las poblaciones del mejillón *Mytilus galloprovincialis* en las costas de la península de Baja California no son extensas, lo que impide la recolección de semilla en los bancos naturales, a esto se suman las fluctuaciones ambientales que ocasionan cambios en la cantidad de fijaciones encontradas en años sucesivos (García-Pámanes, 1984).

Debido a los factores antes mencionados, la producción de semilla en el laboratorio tiene un gran potencial para la expansión de los cultivos de mejillón, pues proveen una forma de superar la variabilidad y la inconsistencia de semilla en el medio (Waterstrat *et al.*, 1980).

El problema de una captación de semilla suficiente en el medio natural no se presenta sólo en Baja California, sino también en otros países micicultores como

China, en donde la falta de semilla se debe a que el mejillón presenta su límite sur de distribución en esa región (Zhang, 1984); en Holanda se presenta una escasez de semilla cada cinco años y en Gran Bretaña una vez cada cuatro años (Dare, 1976). En la costa oeste de los Estados Unidos, en muy pocas localidades se ha logrado obtener fijaciones significativas de semilla (Waterstrat *et al.*, 1980).

El mejillón es un molusco bivalvo sésil de amplia distribución geográfica que se alimenta filtrando fitoplancton y otras partículas orgánicas. Alcanzan la madurez sexual al cabo de un año, es de sexos separados y la fecundación es externa. Es un animal muy prolífico, $5-12 \times 10^6$ huevos/año (Coll, 1983). Los desoves más importantes tienen lugar en otoño-invierno (Brenko, 1973). Una vez completada la fertilización, el embrión empieza a desarrollarse. Bajo condiciones de temperatura de $16^{\circ}-18^{\circ}$ C, a las 20 horas se convierte en una larva nadadora debido a la presencia de cilios llamada trocófora ($80 \mu\text{m}$). A las 42-72 horas la larva se encuentra en el estadio D ($100 \mu\text{m}$) y es llamada véliger. Este estadio se caracteriza por la aparición de la concha (Parés-Sierra, 1987). Cuando la longitud de la concha alcanza entre 220 y $260 \mu\text{m}$, la larva adquiere una mancha pigmentada conocida como mancha ocular y un poco después desarrolla el pie. Este estadio de pedivéliger precede inmediatamente a la fijación y metamorfosis (Bayne, 1976).

En la metamorfosis ocurren grandes cambios morfológicos incluyendo la secreción del biso, el colapso y desaparición del velo, la formación de los palpos labiales y la reorientación de los órganos en la cavidad del manto. Las larvas de

mejillón requieren entre 15 y 35 días, desde la fertilización, para llegar al estadio pedivéliger, cuando la fijación y la metamorfosis es posible (Bayne, 1976).

Los mejillones se adhieren al sustrato por medio de un bisco que secretan, prefieren adherirse a materiales fibrosos o de apariencia de cuerda (Bardach *et al.*, 1986), aunque pueden fijarse sobre todo tipo de sustrato siempre y cuando éste sea firme y presente una superficie rugosa y discontinua (Maas Geesteranus, 1942).

Las larvas, en busca de sustrato para fijarse, pasan del plancton hacia sitios de fijación temporal sobre algas filamentosas presentes en la zona, de las cuales se desprenden posteriormente para dirigirse hacia sitios de fijación más permanentes sobre los bancos naturales de mejillón (Seed, 1976).

Un factor importante en la producción de semilla en laboratorio es el de encontrar sustratos adecuados y accesibles en los que se presente una rápida y eficiente fijación.

1.1 Antecedentes

A través de varios estudios se ha tratado de conocer la preferencia de las larvas de mejillón para buscar un sustrato donde fijarse, así como la talla de la primera fijación y el por que llegan a desprenderse del sustrato primario (Bayne, 1964a; Milne, 1972; Seed, 1968).

Observaciones realizadas en el plancton sugieren que la fijación es invariablemente menor sobre superficies limpias y lisas, y que las fijaciones son más abundantes inmediatamente debajo de la superficie hasta una profundidad de aproximadamente dos pies (*Mytilus edulis*), después de esto la densidad de fijación declina (Chipperfiel, 1953).

Se ha reportado que las larvas de mejillón se fijan preferentemente sobre sustratos cuyas partículas o filamentos poseen diámetros proporcionales al tamaño de la larva (DeBlok y Geelen, 1958), y que estas fijaciones sobre materiales artificiales pueden depender en gran parte del crecimiento previo de algas filamentosas y diatomeas (Bayne, 1964a).

En laboratorio, Kisseleva 1966 (citado en Bayne, 1976), observó que la presencia de bacterias y/o una película de algas sobre el sustrato, así como la de otros pedivéliger recientes, aceleran la fijación de las larvas de *Mytilus galloprovincialis*. Kautsky (1982) considera que un acondicionamiento de los colectores de dos semanas es suficiente para obtener una fijación densa.

Bayne (1964a), en experimentos realizados con larvas de *Mytilus edulis* encontró una fijación primaria sobre los filamentos de las algas rojas *Polysiphonia lanosa* y *Ceratium rubrum* al alcanzar una talla entre 250 y 350 μm Y una fijación secundaria sobre los bancos de los mejillones adultos al alcanzar una talla entre 900 μm y 1.5 mm.

En 1967 la Universidad de Strathclyde, en conjunto con la Scottish Marine Biological Association, realizó un experimento en Millport en donde sumergieron diez entrepaños de red, entre los que había fibras sintéticas, material plástico y metálico, obteniendo cuatro meses después la más alta fijación de mejillones en los entrepaños sintéticos (Milne, 1972).

Monje-Fernández (1983), utilizó dos materiales para la fabricación de colectores: fibra de nylon y fibra de vidrio, obteniendo que la de fibra de vidrio presentó mayor asentamiento que el nylon, el experimento se realizó en la costa de Eréndira, Baja California, México con *Mytilus californianus*.

Dix (1983), realizó un experimento en el que utilizó diferentes tipos de cuerda: -polipropileno de 10, 12 y 18 mm de diámetro; -polietileno de 12 y 18 mm de diámetro, suspendidas en balsas y long-lines en tres sitios del sureste de Tasmania. En dos de los sitios no se encontraron diferencias significativas entre ninguno de los diferentes tipos de cuerda y en el otro sitio solo se encontraron diferencias significativas con la cuerda de polipropileno de 12 mm de diámetro para la especie de *Mytilus edulis planulatus*.

En 1965, en Filey y en la Bahía de Robin Hood en Inglaterra, se experimentó con una variedad de entrepaños de diferentes texturas. Las superficies lisas atrajeron muy pocos mejillones y las máximas fijaciones ocurrieron en los entrepaños con superficies rugosas tal como el caucho, fibra de vidrio y concreto (Seed, 1968). King *et al.*, 1990, en experimentos realizados en las costas en el

oeste de Irlanda con sustratos artificiales para monitorear la fijación de *Mytilus edulis*, de agosto de 1984 a septiembre de 1985, encontraron que los sustratos de nylon doméstico son buenos colectores para los mejillones.

En el noroeste de los Estados Unidos, casi todos los colectores de los cultivos comerciales que se utilizan en balsas o long-line son de cuerdas de polipropileno y de delgadas redes de polietileno de varias medidas (Incze y Lutz, 1980).

El departamento de pesquerías del estado de Washington, E.U.A., ha realizado estudios de reclutamiento de *Mytilus edulis* en diez localidades en Puget Sound, utilizando colectores de caucho; solo en dos localidades se encontraron fijaciones significativas, en Penn Cove se obtuvieron 7 fijaciones/cm² y en Budd Inlet, 64 fijaciones/cm². (Waterstrat *et al.*, 1980).

La Universidad de Washington realizó un experimento en laboratorio para probar el efecto de tres diferentes sustratos sobre la fijación larval. Dos de los sustratos (caucho y fibra de vidrio) ofrecen una superficie filamentosa; el tercer sustrato (polipropileno) es relativamente no filamentoso; encontrándose que la densidad de fijación de larvas en los sustratos filamentosos fue significativamente mayor que la densidad sobre los sustratos no filamentosos. Otro resultado importante fue que la fijación en los tanques estuvo fuertemente dirigida hacia los niveles superficiales del agua; el 56.8% del total de las larvas se fijaron en los primeros 15 cm del sustrato. Después de la fijación, se siguió el experimento por cuatro semanas para estimar el grado de migración juvenil después de la fijación

primaria, encontrando que el promedio de migración fue de 4.8%, con una talla promedio de migración de 1.5 mm, lo cual no representa un obstáculo significativo en la operación del laboratorio con *Mytilus edulis* (Waterstrat *et al.*, 1980).

A nivel mundial, sólo China (Zhang, 1984), los Estados Unidos (Waterstrat *et al.*, 1980) y Francia producen semilla de mejillón a gran escala en laboratorio. En los Estados Unidos, se ha tratado de producir semilla de mejillón a nivel piloto en laboratorio por la Universidad de Washington en la Bahía Clam (Waterstrat *et al.*, 1980). En San Francisco se produce semilla de mejillón a nivel comercial por la compañía Shellfish Seed Service (García Pámanes,* comunicación personal).

Los esfuerzos realizados en la producción masiva de mejillón en laboratorio han producido buenos resultados, como en China, donde han logrado mejorar sus métodos y obtener, actualmente una sobrevivencia de *Mytilus edulis* de 34.4% al momento de la fijación utilizando como colectores tapetes confeccionados con hojas de palma; y una producción de entre 7 y 13.9 x 10⁶ semillas por metro cúbico de tanque de cultivo (Zhang, 1984).

*** García Pámanes, L. Instituto de Investigaciones Oceanológicas, U.A.B.C.**

Ensenada, B.C.

1.2 Objetivos

1. Probar tres diferentes materiales de polipropileno con el fin de encontrar el más eficiente en la captación de semilla del mejillón *Mytilus galloprovincialis* en el laboratorio.
2. Observar el patrón de fijación en relación a la profundidad y con respecto a las diferentes zonas de circulación del tanque.

2.0 MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de acuacultura del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) de la Universidad Autónoma de Baja California (U.A.B.C.).

Las larvas utilizadas se obtuvieron de un desove realizado en el laboratorio, durante el Invierno de 1992, con organismos maduros colectados de la balsa de cultivo comercial de la compañía Martesano S.A de C.V. que se encuentra ubicada en los 31° 44' de latitud norte y los 116° 40' de longitud oeste, dentro de la Bahía de Todos Santos, Ensenada, Baja California, México (García-Pámanes y García-Pámanes, 1987).

El desove se indujo mediante un "shock" térmico, el cual consiste en un aumento rápido de temperatura (Loosanoff y Davis, 1951; Bayne, 1965), los organismos permanecieron durante 24 horas en agua de mar a una temperatura aproximada de 7° C., utilizando un enfriador "Frigid Units". Después de este período de acondicionamiento para la inducción a la expulsión de las gametas se colocaron de 5 a 10 organismos por cristalizador (Young, 1945) con agua de mar calentada a 23 ° C., filtrada a 1 μm y pasada por irradiación ultravioleta. El aumento de temperatura fue de 16° C (de 7° a 23° C) en un tiempo aproximado de 15 minutos.

Terminada la expulsión de las gametas se colocaron los óvulos en un recipiente aforado a 37.85 litros (10 galones) y se fertilizaron con 2 o 3 ml de esperma denso por cada 1×10^6 óvulos.

Después de la fertilización, los óvulos se pasaron por un tamiz de 35 μm para eliminar el esperma restante y se colocaron en tanques cónicos de 2×10^3 litros de capacidad, donde se mantuvieron durante su desarrollo larval hasta estar listas para la fijación, el desarrollo larval tuvo una duración de tres semanas durante las cuales se realizaron cambios de agua cada dos días y se alimentaron con *Isochrysis galvana* CLON (T-ISO), proporcionandoles una ración diaria de 3, 5 y 8×10^4 células/ml para la primera, segunda y tercera semana, respectivamente.

Para realizar el experimento se utilizaron 3 tanques rectangulares de 1.5×10^3 litros de capacidad aforados a 1.46×10^3 litros cada uno y en cada tanque se introdujeron para fijar 12×10^6 larvas.

Para obtener estas larvas se drenaron y tamizaron los tanques cónicos a la tercera semana de su estadio larval, utilizando las más desarrolladas, que se colocaron en un recipiente cilíndrico de 37.85 litros (10 galones). Las larvas se homogenizaron con un agitador de plástico, mientras se tomaban 3 muestras aleatorias de un mililitro con una pipeta automática de 5 ml previamente calibrada y se colocaban en cámaras de conteo Sedwick-Rafter de un mililitro de capacidad. Con la ayuda de un microscópio compuesto a un aumento de 100 X se contó la cantidad de larvas de cada muestra y se obtuvo un promedio de la densidad.

Simultáneamente al conteo de larvas para estimar el volumen necesario que se debería tomar del recipiente de 10 galones para obtener los 12×10^6 que se colocaron en cada tanque, se estimó el porcentaje de larvas presente con mancha ocular.

Después de calcular el número de larvas presentes en el recipiente de 37.85 litros, se extrapolo la media de las 3 muestras de un mililitro a la cantidad total de mililitros que hay en 37.85 litros. Se calculó el volumen de agua de mar del recipiente a colocar en cada tanque para obtener 12×10^6 de larvas, este volumen se sifoneó con una manguera a probetas graduadas de 2 litros mientras se ejercía

una agitación constante para tener una distribución homogénea de las larvas dentro del recipiente.

Las larvas utilizadas en el experimento estaban próximas a la metamorfosis, ya que tenían una talla superior a las $220 \mu\text{m}$, además de que presentaban un promedio de mancha ocular del 60%, con lo que se asegura que se encuentran en el estadio pedivéliger previo a la fijación y metamorfosis.

Tres días antes de iniciar el experimento se introdujeron los colectores en los tanques con agua de mar filtrada a una micra para su curación. Después de estos tres días se drenaron los tanques y se llenaron de nuevo con agua de mar filtrada a través de $1 \mu\text{m}$, revisando que los colectores estuvieran en su sitio (en el centro del tanque) para enseguida añadir los 12×10^6 de larvas en cada tanque y realizar la fijación.

Los colectores fueron marcos rectangulares de PVC de 40 cm de ancho y 2.5 m de largo, a los que se les enredó 70 m de cuerda de polipropileno de fibras planas y de fibras redondas de 1/4 de pulgada de diámetro. En cada tanque se colocaron 10 colectores (5 con cuerdas de polipropileno de fibras planas y 5 con cuerda de polipropileno de fibras redondas) al centro del tanque, y para evitar que se movieran de lugar se utilizó una estructura de PVC colocada a presión a lo ancho del tanque.

De los 10 colectores colocados en cada tanque, 9 de ellos contenían 5 segmentos de cuerda, cada uno de 5 cm de longitud. Estos 5 segmentos de cuerda

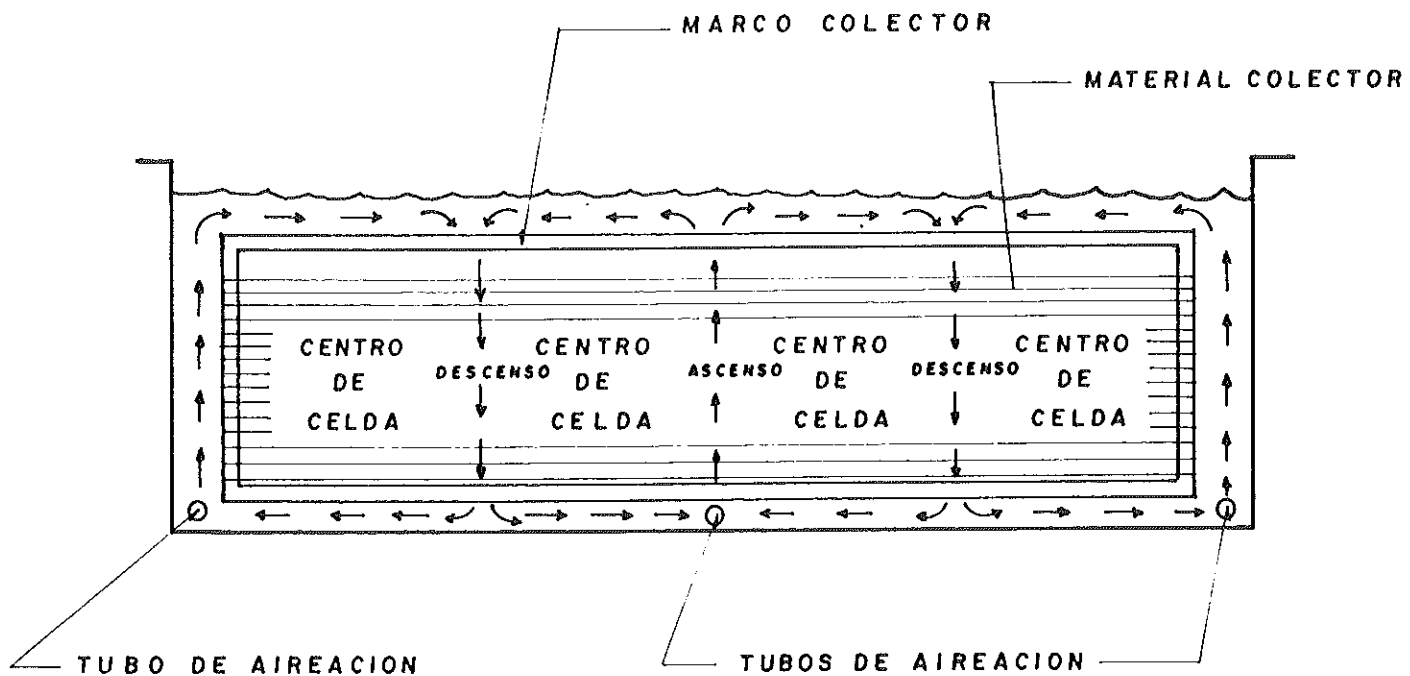


FIG. 1- CORTE LATERAL DE UN TANQUE DE FIJACION MOS -
 TRANDO LA POSICION DE LOS TUBOS DE AIREACION
 Y LAS CELDAS DE CIRCULACION DEL AGUA .

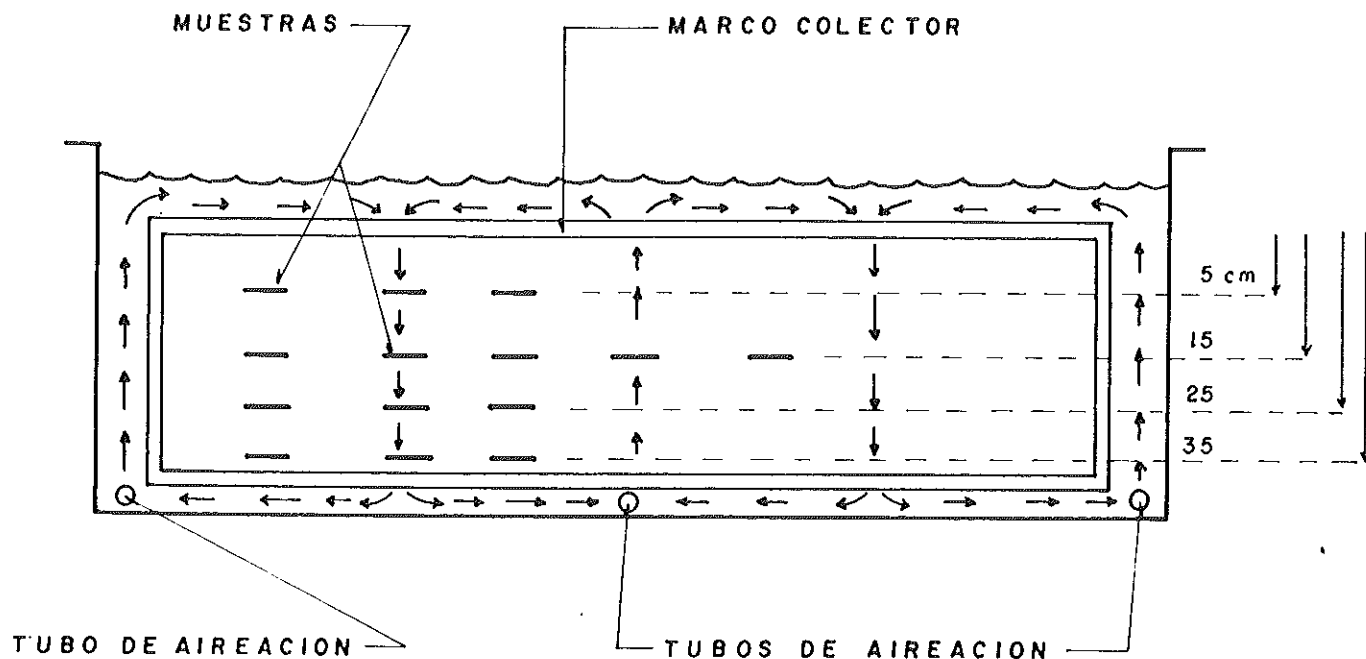


FIG. 2 - CORTE LATERAL DE UN TANQUE DE FIJACION MOSTRANDO LA POSICION DE LAS MUESTRAS EN LAS DIFERENTES ZONAS DE CIRCULACION (3 CENTROS DE CELDA, UNA ZONA DE DESCENSO Y UNA ZONA DE ASCENSO DEL AGUA) Y DE LAS MUESTRAS PARA LAS 4 DIFERENTES PROFUNDIDADES (5, 15, 25 Y 35 cm), EN 2 CENTROS DE CELDA Y EN UNA ZONA DE DESCENSO DEL AGUA .

Los 3 tanques son réplicas idénticas a los que se les aplicó el mismo tratamiento. Diariamente se les registró la temperatura. Se les proporcionó la misma cantidad de alimento y los recambios de agua se realizaron con la misma frecuencia para cada uno de los tanques. Los 3 tanques se cubrieron con plástico negro para evitar la proliferación de diatomeas bentónicas y macroalgas, y para que la luz no afectara la distribución vertical de las larvas.

El recambio de agua se realizó cada dos días, y para evitar que la semilla fija en los colectores quede fuera del agua al realizar el recambio, se aplicó un flujo continuo de agua durante 35 minutos (con lo que se logró un recambio aproximado de agua de 1.3 a 1.4×10^3 l) extrayendo el agua con un sifón que tiene una malla tamizadora de $195 \mu m$ para que las larvas no se salgan y adicionando por medio de una manguera, agua de mar filtrada a $1 \mu m$.

Durante el experimento las larvas fueron alimentadas con *Isochrysis galvana* CLON (T-ISO), ya que ésta microalga presenta un alto valor nutritivo; además, debido a su tamaño y a que es un flagelado desnudo, resulta fácilmente digerible por los bivalvos marinos (Laing y Utting, 1980; Romberg y Epifanio, 1981; Fabregas *et al.*, 1985); el clon de la especie (T-ISO) presenta, además la ventaja de ser tolerante a altas temperaturas, ($22-30^{\circ}$ C.), puede ser cultivada en grandes densidades y en cultivos externos (Bolton *et al.*, 1985). Durante la primera semana se les proporcionó una ración diaria de 8×10^4 células/ml, aumentándose la ración a 1×10^5 células/ml en la segunda semana. El alimento fue proporcionado por

gravedad a través de una manguera con un flujómetro GPI acoplado para proporcionar la cantidad exacta de alimento.

El experimento tuvo una duración de 2 semanas, al final de las cuales se tomaron los segmentos de cuerda de los marcos cortando la cuerda de nylon en la que se encontraban sujetos y colocándolos por separado en viales con formol al 5% etiquetados con los datos. Después se contó la semilla fija en cada uno de los segmentos de cuerda con la ayuda de un microscopio compuesto. Para poder contar la semilla, se desprendió del sustrato disolviendo los bisos con hipoclorito de sodio comercial (solución al 6%) durante dos minutos en un vaso de precipitado, recogiendo la semilla con un tamiz de $300 \mu m$ y colocándola en una cámara de conteo Sedgwick-Rafter de 1 ml de capacidad.

La semilla fija en las paredes del tanque se desprendió con un cepillo mientras se drenaba el tanque, reteniendo la semilla en un tamiz de $300 \mu m$. Después de recoger la semilla fija de las paredes del tanque se peso en una balanza analítica "Mettler" y se tomaron 5 pequeñas muestras que también se pesaron y se cuantificaron con la ayuda de un microscopio compuesto. Esto se realizó para cada uno de los tanques, y con estos datos se calculó la cantidad de semilla fija en las paredes de los mismos mediante una extrapolación del promedio del peso y número de organismos de las 5 muestras, al peso total de toda la semilla recogida en las paredes de cada tanque.

Para calcular la cantidad de semilla fija en cada colector se decidió dividir el colector en dos estratos al momento de realizar las estimaciones debido a que la fijación de la semilla ocurre, preferentemente, en los primeros centímetros de la columna de agua. El primer estrato comprende de los 0 a los 10 cm de profundidad y la fijación se calculó con el promedio de la cantidad de la semilla fija por cm de cuerda de los 3 segmentos colocados a los 5 cm de profundidad del marco utilizado para monitorear la fijación a diferente profundidad, este resultado se multiplicó por la cantidad total de cm de cuerda que existen en el primer estrato del colector que son un total de 1,750 cm. Debido a que solo existe información de la fijación a los 5 cm de profundidad para un sólo colector por tanque, esta información se extrapola a los 10 colectores multiplicando el resultado por 10. El segundo estrato del colector comprende de los 10 a los 40 cm de profundidad. Como la fijación fue homogénea a los 15, 25 y 35 cm de profundidad, se realizaron los cálculos con el promedio de semilla fija por cm de cuerda de los segmentos utilizados para monitorear el material utilizando los marcos con segmentos de cuerda del material de polipropileno de fibras planas y de polipropileno de fibras redondas, colocados a una profundidad de 15 cm, este promedio por cm se multiplicó por la cantidad total de cm de cuerda que hay en el segundo estrato del colector que son un total de 5,250 cm, obteniendo así el promedio de semilla fija en el segundo estrato por colector.

El porcentaje de sobrevivencia a la fijación se calculó mediante la suma de la semilla fija en los 10 colectores, además de la semilla fija en las paredes del

tanque; con éste total se calculó cuantas larvas sobrevivieron a la fijación de los 12×10^6 iniciales para cada uno de los tanques.

A los datos de fijación de la semilla en relación con la profundidad y la zona del tanque, así como a los datos de fijación de la semilla en relación con el tipo de material y la zona del tanque, se les realizó una prueba de normalidad por Kolmogorov-Smirnov y la prueba de homogeneidad de varianzas por Cochran y Bartlett, como requisito para poder manejar las pruebas paramétricas. Posteriormente se les aplicó un ANOVA paramétrico de dos vías y pruebas de comparación múltiple en los casos en que presentaran diferencias significativas (Sokal y Rohlf, 1981).

El análisis estadístico se realizó con ayuda del paquete estadístico STATGRAPHICS.

3.0 RESULTADOS

El presente experimento tuvo una duración de 2 semanas, durante el cual la temperatura del agua varió de 18-22° C.

Durante la primera semana se podía observar claramente una gran cantidad de larvas nadando, ésta cantidad fue disminuyendo gradualmente y a partir del octavo día se apreciaba ya una gran fijación sobre las cuerdas y algunas semillas sobre las paredes y el fondo del tanque, a los 13 días ya no se observaron larvas nadando.

Cada tanque inició con un número de 12×10^6 larvas competentes para la fijación y al finalizar el experimento el número total de semilla fija por tanque fue el siguiente: para el Tanque I se obtuvo un total de 5,241,345 semillas; el Tanque II tuvo un total de 5,094,201 semillas y el Tanque III un total de 5,533,179 semillas.

Los datos de fijación de la semilla en relación con la profundidad y la zona del tanque a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov resultaron normales ($p \geq 0.05$). De igual manera, la prueba de homogeneidad de varianzas por Cochran y Bartlett resultaron no significativas ($p \geq 0.05$).

Los datos de fijación de la semilla, en relación con el tipo de material y la zona del tanque, a través de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov resultó significativa ($p < 0.05$), por lo que se transformaron utilizando el logaritmo base 10,

logrando la normalización de los mismos ($p \geq 0.05$). La prueba de homogeneidad de varianzas resultó no significativa para Cochran ($p \geq 0.05$) y para Bartlett ($p \geq 0.01$) (Sokal y Rohlf, 1981).

Al momento de evaluar los experimentos se observaron semillas fijadas en las paredes del tanque y en los colectores sobre las muestras de los diferentes materiales y en las diferentes profundidades para las distintas zonas del tanque, obteniendo los siguientes resultados.

3.1 Fijación en función a la profundidad.

Los resultados de la fijación de la semilla en función a la profundidad se presentan en la figura 3. Se observa una preferencia por los colectores ubicados a los 5 cm de profundidad, disminuyendo la fijación a los 15 y 25 cm, teniendo un pequeño incremento a los 35 cm, independientemente de la zona del tanque, como se observa en el Anexo I, en donde para el segundo centro de celda del Tanque I tenemos una fijación sobre las muestras de 756 semillas para los 5 cm de profundidad, de 147 y 136 semillas para los 15 y 25 cm, respectivamente, y un incremento a 307 semillas a los 35 cm de profundidad.

Después de realizar un Análisis de Varianza de dos vías paramétrico (Tabla I) para comparar la fijación entre las diferentes profundidades y zonas del tanque, se observó que solo existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la profundidad

de 5 cm con respecto a las otras tres (15, 25 y 35 cm) (Tabla II). No existiendo interacción entre las profundidades y la zona del tanque (Tabla I).

3.1.1 Fijación en función con la zona del tanque y la profundidad.

Con respecto a las zonas donde se ubicaron las muestras de profundidad (2 centros de celda y una zona de descenso), se observa que existe una preferencia en cuanto a la fijación por los colectores ubicados en los centros de celda respecto a la zona de descenso del agua, independientemente de la profundidad, como se observa en el Anexo I, en el Tanque II tenemos que en las muestras a los 5 cm de profundidad los dos centros de celda captaron 716 y 700 semillas, mientras que la zona de descenso captó sólo 403 semillas. En este mismo tanque, pero para la profundidad de 35 cm, los centros de celda captaron 405 y 618 semillas y la zona de descenso del agua presentó solamente 250 fijaciones.

Después de realizar las pruebas estadísticas (Tabla I), se observó que la zona que presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) fue la zona de descenso del agua, en comparación con los dos centros de celda (Tabla III).

3.2 Fijación en función al tipo de material.

Los datos de la fijación en función al tipo de cuerda muestran una clara preferencia por los colectores de fibras texturizadas respecto a los otros dos (fibras

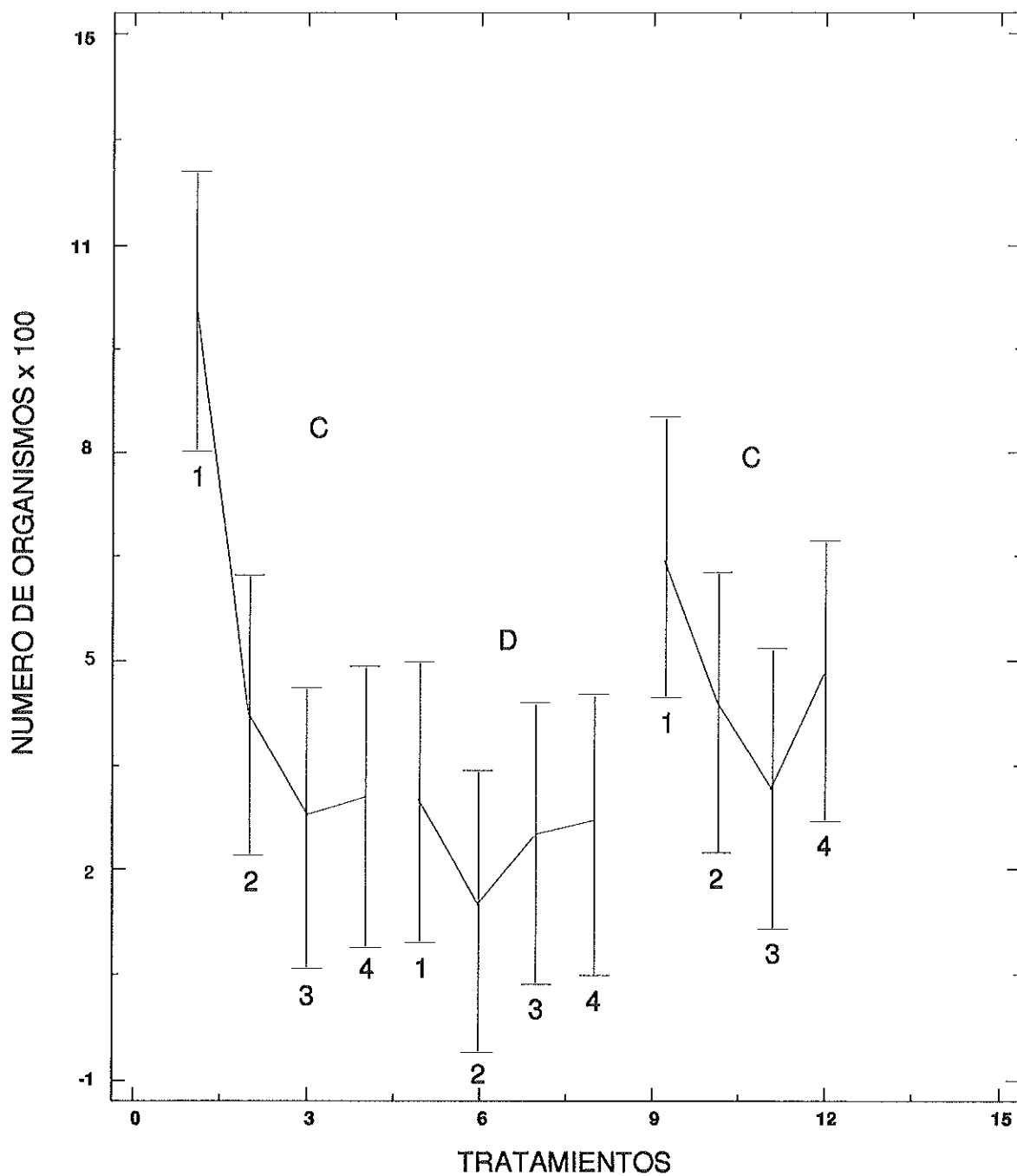


Fig. 3.- Intervalos de Confianza al 95% para las Medias de los Tratamientos (Zona-Prof.) del Numero de Organismos Fijados en los Segmentos de Cuerda. C = Centro de Celda, D = Zona de Descenso, 1 = Prof. 5cm, 2 = Prof. 15cm, 3 = Prof. 25cm y 4 = Prof. 35cm.

TABLA I.- Resultados del Análisis de Varianza paramétrico de dos vías de los datos de la fijación de semilla en relación con la profundidad y la zona del tanque.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrados medios	F	Nivel de significancia
Profundidad	827,243.9	3	275,747.96	9.11	*
Zona	545,970.9	2	272,985.44	9.02	*
Interacción Profundidad-Zona	453,556.44	6	75,592.74	2.5	NS
Error	726,320.67	24	30,263.36		
Total	2,553,091.9	35			

NS = No significativo ($p \geq 0.05$)

* = Significativo ($p < 0.05$)

TABLA II.- Prueba de comparación múltiple mediante el Método de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para los datos de la fijación de semilla en relación con la profundidad y la zona del tanque, comparando las profundidades.

	15 cm	25 cm	35 cm
5 cm	S	S	S
15 cm		NS	NS
25 cm			NS

NS = No significativo ($p \geq 0.05$)

S = Significativo ($p < 0.05$)

TABLA III.- Prueba de comparación múltiple, mediante el Método de Mínima Diferencia Significativa (LSD), para los datos de la fijación de semilla en relación con la profundidad y la zona del tanque, comparando las zonas del tanque.

	Zona de descenso	Centro de celda-2
Centro de celda-1	S	NS
Zona de descenso		S

NS = No significativo ($p \geq 0.05$)

S = Significativo ($p < 0.05$)

planas y redondas), independientemente de la zona del tanque, como se observa en los Anexos II, III y IV. Las fibras texturizadas llegaron a captar hasta 2,091 semillas por muestra y la máxima fijación en las muestras de las fibras planas y redondas fue de 745 semillas para las fibras planas y de 567 semillas para las fibras redondas.

Después de realizar un Análisis de Varianza paramétrico de dos vías (Tabla IV), para comparar la fijación entre los diferentes materiales y zonas donde se ubicaron, se observó que existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) del material de fibras texturizadas con respecto a los otros dos (fibras planas y redondas) (Tabla V); no existiendo interacción entre los materiales con respecto a la zona del tanque (Tabla IV).

3.2.1 Fijación en función a la zona del tanque para el tipo de material.

En función a las zonas del tanque donde se ubicaron las muestras de los tres materiales a probar, se observa que existió una mayor preferencia de la semilla por fijarse en los centros de celda y en la zona de ascenso del agua y una menor preferencia por la zona de descenso del agua, independientemente del material del que se trate (Anexos II, III y IV).

Después de realizar las pruebas estadísticas (Tabla IV), se observó que entre los tres centros de celda no existieron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) (Tabla VI). Se encontró que la zona de ascenso y la de descenso del agua eran

TABLA IV.- Resultados del Análisis de Varianza paramétrico de dos vías de los datos de la fijación de semilla en relación con el tipo de material y la zona del tanque.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrados medios	F	Nivel de significancia
Material	31.74	2	15.87	48.42	*
Zona	6.72	4	1.68	5.13	*
Interacción Material - Zona	3.12	8	0.39	1.19	NS
Error	39.34	120	0.33		
Total	80.92	134			

NS = No significativo ($p \geq 0.05$)

* = Significativo ($p < 0.05$)

TABLA V.- Prueba de comparación múltiple, mediante el Método de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para los datos de la fijación de semilla en relación con el tipo de material y la zona del tanque, comparando los diferentes materiales.

	Fibras Texturizadas	Fibras Planas
Fibras Redondas	S	NS
Fibras Texturizadas		S

NS = No significativo ($p \geq 0.05$)

S = Significativo ($p < 0.05$)

TABLA VI.- Prueba de comparación múltiple, mediante el Método de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para los datos de la fijación de semilla en relación con el tipo de material y la zona del tanque, comparando las zonas del tanque.

	Zona de descenso	Centro de celda-2	Zona de ascenso	Centro de celda-3
Centro de celda-1	S	NS	NS	NS
Zona de descenso		NS	S	S
Centro de celda-2			S	NS
Zona de ascenso				NS

NS = No significativo ($p \geq 0.05$)

S = Significativo ($p < 0.05$)

significativamente diferentes entre sí ($p < 0.05$); que de los tres centros de celda dos de ellos no presentan diferencias significativas con la zona de ascenso del agua ($p \geq 0.05$) y el otro centro de celda no presentó diferencias significativas con la zona de descenso del agua ($p \geq 0.05$) (Tabla VI).

Como se observa en los Anexos II, III y IV, la zona del tanque que captó mayor número de organismos fue la zona de ascenso del agua, siendo la de menor captación la zona de descenso. Por otro lado la tendencia de los centros de celda fue a la de igualarse en cuanto a la fijación con la zona de ascenso del agua, como se observa en el Tanque II, para las muestras del marco 2 de fibras redondas, donde los tres centros de celda captaron 120, 220 y 137 semillas, respectivamente; la zona de ascenso del agua captó 331 semillas y la zona de descenso captó solamente 61 semillas.

3.3 Fijación sobre las paredes del tanque.

El número de organismos fijos sobre las paredes del tanque presentó variaciones entre los tanques. Para el Tanque I, el número de organismos fijos en las paredes fue de 299,432 organismos, para el Tanque II este número ascendió a 472,363 organismos y para el Tanque III la cantidad fue de 437,003 organismos (Tabla VII). En esta misma (Tabla VII), se observa el porcentaje que representa ésta cantidad del total de la semilla fija en todo el tanque. Para el Tanque I fue solo el 5.71%, para el Tanque II fue el 9.27% y para el Tanque III la semilla fija en las

paredes fue el 7.9% del total de semilla fija en todo el tanque. El número de organismos por cm^2 fue el siguiente: el Tanque I obtuvo 4.5 organismos/ cm^2 , el Tanque II obtuvo 7 organismos/ cm^2 y el Tanque III 6.5 organismos/ cm^2 .

3.4 Fijación sobre los colectores.

El número de organismos fijos sobre los colectores se calculó por estratos, y como se observa en la Tabla VII, proporcionalmente existió mayor fijación en el estrato superficial (primer estrato 0-10 cm.) que en el segundo estrato (10-40 cm.).

En promedio, en el Tanque I, cada colector captó un total de 494,191 semillas de las cuales el 56.82% se fijaron en el primer estrato de los colectores, en el Tanque II cada colector captó un promedio de 462,184 semillas de las cuales el 45.91% se fijaron en el primer estrato. Los colectores del Tanque III captaron un promedio de 509,618 semillas de las cuales el 32.25% se fijaron en el primer estrato. Realizando un promedio entre los tres tanques, tenemos que cada colector captó un total de 488,664 organismos en promedio de los cuales cerca del 45% se fijaron en el primer estrato (de los 0 a los 10 cm) de los colectores.

3.5 Sobrevivencia a la fijación.

Para el decimotercer día del experimento ya no se observaban larvas nadando, por lo que las muestras se recuperaron el decimocuarto día, concluyendo el período de experimentación.

En la tabla VII se observa el número de organismos fijos en cada tanque al finalizar el experimento. En cada tanque se estimó la cantidad de organismos fijos en los colectores en los primeros 10 cm (primer estrato) y en los 30 cm restantes (segundo estrato), así como también la cantidad de organismos fijos en las paredes del tanque, que sumados se obtiene el total de organismos fijos y el porcentaje de sobrevivencia que estos representan.

El porcentaje de sobrevivencia fue muy similar en los 3 tanque, obteniendose una sobrevivencia del 43.67% para el Tanque I; de 42.45% para el Tanque II y de 46.10 % para el Tanque III (Tabla VII).

TABLA VII.- Número de organismos fijos en las paredes y sobre los colectores (primero y segundo estrato) en cada tanque, así como el porcentaje que representa del número total de organismos fijos en el tanque.

TANQUE I			
Número de organismos fijos en las paredes del tanque	299,432	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	5.71%
Número de organismos fijos en el primer estrato de los colectores	2,808,060	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	53.58%
Número de organismos fijos en el segundo estrato de los colectores	2,133,863	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	40.71%
Total	5,241,345	Porcentaje total	100%
PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA = 43.67%			
TANQUE II			
Número de organismos fijos en las paredes del tanque	472,363	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	9.27%
Número de organismos fijos en el primer estrato de los colectores	2,122,050	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	41.66%
Número de organismos fijos en el segundo estrato de los colectores	2,499,788	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	49.07%
Total	5,094,201	Porcentaje total	100%
PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA = 42.45%			
TANQUE III			
Número de organismos fijos en las paredes del tanque	437,003	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	7.90%
Número de organismos fijos en el primer estrato de los colectores	1,796,550	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	32.47%
Número de organismos fijos en el segundo estrato de los colectores	3,299,626	Porcentaje que representa del total de organismos fijos en el tanque	59.63%
Total	5,533,179	Porcentaje total	100%
PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA = 46.10%			

4.0 DISCUSIONES

Durante el experimento la temperatura del agua se mantuvo en un rango apropiado para el desarrollo de las larvas del mejillón (18-22°C). Coe y Fox (1944), mencionan que para *Mytilus californianus* el rango normal para adultos se encuentra entre 14-22°C. Anguiano-Beltran (1989), encuentra que la sobrevivencia y crecimiento óptimo de larvas de esta misma especie ocurre en el rango de 14-22 °C. Por otra parte, García-Pámanes *et al.* (1992) recomiendan mantener la temperatura entre 17 y 21°C para acortar la duración del desarrollo larval de *Mytilus galloprovincialis*.

4.1 Fijación en función a la profundidad.

La fijación de la larva fue mayor en el estrato superficial de los colectores (0-10 cm) que en el segundo estrato (10-40 cm). Este patrón de conducta concuerda con lo encontrado por varios autores (Chipperfiel, 1953; Incze y Lutz, 1980; Buyanovskii y Kulikova, 1984; Loo y Rosenberg, 1983.) en experimentos realizados en el campo, se observó que las larvas del mejillón tienden a fijarse, preferentemente, en los primeros 2 metros del agua y con mayor densidad en las secciones superiores de los colectores (0-0.5 m).

encontrando que estas responden de diferente manera dependiendo del estadio del desarrollo en que se encuentren, en este caso, en el estadio pedivéliger, cuando se arrastra sobre el sustrato justo antes de fijarse presentan un fototactismo negativo y un geotactismo negativo. Por lo que en este experimento, al no existir el estímulo de la luz ya que los tanques permanecieron cubiertos con plástico negro, las larvas se vieron influenciadas solamente por un geotactismo negativo, por lo que tendieron a preferir la superficie para su fijación. Por otra parte Bayne (1964b), menciona también que la fijación ocurre más rápido en la obscuridad que en la luz, por lo que el período de fijación del experimento (2 semanas) no fue demasiado largo. Waterstrat *et al.* (1980), obtuvo en sus experimentos que el tiempo requerido para la metamorfosis y asentamiento tuvo un rango de 5 a 13 días, con un promedio de 8.8 días, en promedio, este período de fijación fue más corto que el obtenido en el presente trabajo debido principalmente a que el tamaño de las larvas que utilizaron tenían una talla promedio superior a las 270 μm y las utilizadas por nosotros tenían una talla promedio de 220 μm .

Bardach *et al.* (1986) no concuerda con Bayne (1964b) pues menciona que la fijación de mejillones de *Mytilus edulis* se lleva a cabo en el primer pie de profundidad (0-30 cm), ya que las larvas requieren para ello de una alta intensidad luminosa. Con estos antecedentes y con los resultados obtenidos en el presente trabajo, podemos sugerir que al momento de la fijación la luz no representa una influencia importante sobre las larvas y que estas se ven más afectadas por la gravedad al presentar un geotactismo negativo.

La mayor densidad de larvas de mejillón presentes en los primeros metros de la capa de agua puede resultar ventajoso, como sería el de aprovechar mejor las corrientes superficiales, que generalmente se dirigen hacia la costa, para que al momento de la fijación se encuentren en zonas cercanas a esta; de igual manera, al fijarse cerca de la superficie aprovechan las corrientes superficiales durante su fase de migración después de desprenderse del sustrato utilizado en su fijación primaria (Bayne 1964a), para dirigirse a los bancos de mejillón adultos que se encuentran ubicados muchas veces en la zona costera, en costas rocosas y en playas de cantos rodados (Quayle, 1978).

4.2 Fijación en función al tipo de material.

La fijación de las larvas de *Mytilus galloprovincialis* en el presente trabajo se dirigió principalmente hacia los colectores de fibras texturizadas, y en menor cantidad hacia los de fibras planas y redondas (Fig. 4). Este comportamiento fue debido a que las cuerdas de polipropileno de fibras texturizadas son mucho más filamentosas que las de fibras planas y redondas cuya superficie es más lisa, y como se sabe por varios trabajos antes realizados como Bardach *et al.* (1986), Milne (1972), Seed (1968, 1976) y Bayne (1965, 1976), las larvas de mejillón prefieren fijarse sobre superficies ya sea filamentosas, fibrosas, rugosas y discontinuas; los sustratos pueden ser cuerdas fabricadas de materiales naturales o artificiales, aunque pueden fijarse sobre cualquier sustrato con las características antes mencionadas incluyendo a las algas filamentosas.



Fig.4.- Segmentos de cuerda de 5 cm de los tres materiales evaluados, mostrando las fijaciones obtenidas por cada uno de ellos durante el experimento. De izquierda a derecha se observa el material de polipropileno de fibras redondas, el de fibras planas y el de fibras texturizadas.

La atracción hacia los sustratos parece estar relacionada con la morfología general de estos y a que sus partículas o filamentos tengan un diámetro proporcional al tamaño de la larva (DeBlok y Geelen, 1958), lo que promueve la fijación. Así mismo, la secreción del bisco se ve favorecida por superficies discontinuas (Seed, 1968; Bayne, 1976). Por otra parte, Chipperfiel (1953), encontró que la fijación es invariablemente menor sobre superficies limpias y lisas, lo que explica la menor fijación que se obtuvo sobre las cuerdas de polipropileno de fibras planas y redondas.

El hecho de no existir interacción entre los materiales con respecto a la zona del tanque (Tabla IV), nos indica que en cualquier zona de circulación del tanque, al elegir el sustrato para fijarse las larvas mantienen su preferencia hacia los colectores de fibras texturizadas.

4.3 Fijación en función a la zona del tanque.

Todas las zonas de circulación dentro del tanque obtuvieron una alta fijación, pero las diferencias fueron grandes y estadísticamente significativas entre sí, obteniendo las fijaciones más bajas en la zona de descenso del agua y las más altas en la zona de ascenso del agua y en los centros de celda.

Los centros de celda resultaron ser buenas zonas para la fijación de las larvas, ya que se crean celdas de relativa calma donde las corrientes no son fuertes, por lo que hay menos turbulencia o movimiento del agua y, según lo observado por Bayne

(1976), las larvas de *Mytilus edulis* se fijan con más abundancia en áreas que provean alguna protección de las corrientes del agua y de la acción de las olas.

Las zonas de ascenso y descenso del agua fueron totalmente opuestas en cuanto a la captación de semilla, con lo que se piensa que las corrientes provocadas en la zona de ascenso del agua son más favorables para las larvas pedivéliger que las corrientes provocadas en la zona de descenso del agua. Así mismo, esta preferencia puede ser debido a que las larvas opten por las corrientes que implican un afloramiento del agua hacia la superficie que en las que se tiene un hundimiento del agua hacia capas inferiores.

4.4 Fijación sobre las paredes del tanque.

La fijación sobre las paredes del tanque tuvo un porcentaje muy pequeño con respecto al total de semilla fija en el tanque, esto es debido principalmente a que la superficie de estas paredes es completamente lisa lo que no la hace atractiva para la fijación de los mejillones (Chipperfiel, 1953; Seed, 1968). Además de esto, al existir dentro de los tanques una buena cantidad de sustrato adecuado disponible, las larvas eligieron fijarse preferentemente sobre las cuerdas de polipropileno que sobre las paredes del tanque, ya que las larvas de lamelibranquios son capaces de discriminar entre diferentes sustratos al fijarse (Bayne, 1976).

Waterstrat *et al.*, (1980) encontraron que la densidad de larvas fijas en las paredes del tanque, fue baja (0.12 a 1.07 fijaciones/cm²). La densidad encontrada en el presente trabajo fue mayor que la encontrada por este autor de 4.5 a 7 fijaciones/cm².

El porcentaje de larvas que se fijo en las paredes del tanque en el presente estudio pudo ser debido a varias razones, una de ellas podría ser la imposibilidad de la larva de encontrar el sustrato o a un desprendimiento de la larva del sustrato por algún estímulo negativo (Bayne, 1976), como podría ser una densidad muy alta de semilla en el mismo; además de esto, es muy probable que sobre la superficie del tanque se haya formado una película de algas y bacterias (Kisseleva, 1966, citado por Bayne, 1976) y esto puede ayudar a hacer más atractivo cualquier sustrato.

4.5 Fijación sobre los colectores.

La fijación fue muy alta en todos los colectores, obteniéndose un promedio de 488,664 organismos para cada colector de polipropileno de fibras planas y de fibras redondas. Por medio de información obtenida en otras corridas realizadas con anterioridad en el laboratorio de moluscos del I.I.O. , la cantidad óptima que soporta un colector con las mismas características que los utilizados en este experimento para obtener el mejor rendimiento (alta sobrevivencia y crecimiento) es de 150,000 a 200,000 organismos (García-Pámanes *et al.*, 1992), por lo que la

fijación obtenida en los colectores en este experimento no resulta práctica para un cultivo comercial, de manera que si se pretende usar estos colectores para cultivo comercial con el mismo número de larvas y en tanques con las mismas dimensiones, se debe aumentar el número de colectores de 10 a 20 o 25 por tanque, con lo que se obtendría una fijación adecuada o bien disminuir el número de larvas iniciales colocadas en el tanque de 12×10^6 a un promedio de entre 8 y 10×10^6 larvas por tanque.

Como ya se discutió anteriormente, la fijación ocurrió preferentemente en la superficie (el 45% de las fijaciones ocurrieron de los 0-10 cm del colector), y lo que se pretende al tener colectores con semilla de mejillón para su engorda en el mar es que la distribución de estos en el colector sea homogénea y no existan zonas del colector más densamente pobladas que otras con lo que el espacio sería mejor aprovechado, para lograr esto durante la etapa de la fijación en el laboratorio se les puede dar vuelta a los colectores para obtener una fijación más homogénea y no dirigida hacia la parte superior de los mismos.

La fijación de larvas sobre las muestras del material de fibras texturizadas fue por lo menos el doble que sobre las muestras de fibras planas y redondas (Anexos II, III y IV), lo que no lo hace apto para utilizarlo dentro de un cultivo comercial, pues un colector con una fijación tan densa no redituaría una buena sobrevivencia y crecimiento por la competencia por espacio, pues según lo encontrado por García-Pámanes *et al.* (1992), entre mayor es el número inicial de semillas la sobrevivencia es menor durante la preengorda, por lo que los marcos con un

número inicial de semillas de 565,133 tuvieron una sobrevivencia en el mar del 32.6% contra un 43.4% de los marcos con un número de 353,178 semillas, además de que después de pasar un tiempo en el mar el peso podría romperlo; así que aunque realmente las cuerdas de polipropileno de fibras texturizadas son mucho más eficientes para la fijación que las cuerdas de fibras planas y redondas, prácticamente resultaría mejor utilizar estas últimas en un cultivo comercial pues la fijación que obtienen se acerca más a la cantidad de organismos óptima para un colector, además de que son más baratas.

Las cuerdas de polipropileno de fibras texturizadas podrían utilizarse en combinación con colectores menos eficientes para equilibrar la fijación o en sitios en el medio natural donde se conozca de antemano que la fijación es pobre y se desee tener un colector muy eficiente.

4.6 Sobrevivencia a la fijación.

La sobrevivencia a la fijación que se obtuvo en el presente trabajo de un 42.45% hasta un 46.10%, se puede considerar como una sobrevivencia alta, tomando en cuenta lo obtenido por otros autores (Zhang, 1984; Waterstrat, 1980), y a que ésta hubiera podido ser mayor con un aumento en la cantidad de colectores utilizados en cada tanque.

En experimentos de laboratorio realizados en China (Zhang, 1984), sobre producción de semilla a gran escala obtuvieron una sobrevivencia de 34.4% al

momento de la fijación con *Mytilus edulis*. Por otra parte, en el Estado de Washington, en experimentos realizados en tanques de fijación el porcentaje de larvas pediveliger de *M. edulis* que sobrevivieron a la metamorfosis fue de un 2.93% hasta de un 31.85% (Waterstrat *et al.*, 1980). Sin embargo, en experimentos anteriores realizados en el laboratorio de moluscos del I.I.O. se obtuvieron sobrevivencias mayores que en el presente trabajo. Al colocar 14 marcos colectores y una cantidad de 9.8×10^6 larvas competentes para la fijación se encontró una sobrevivencia del 50.4% y una sobrevivencia del 80% con 20 marcos colectores y una cantidad de 14×10^6 larvas competentes para la fijación (García-Pámanes *et al.*, 1992), esto debido probablemente a la mayor cantidad de marcos colectores colocados en el tanque, con lo que las larvas tuvieron una mayor cantidad de sustrato disponible para la fijación.

5.0 CONCLUSIONES

1.- La fijación de semilla del mejillón *Mytilus galloprovincialis* fue mayor en el primer estrato de los colectores (0-10 cm) que en el segundo estrato de los mismos (10-40 cm).

2.- El material de polipropileno de fibras texturizadas fue más eficiente en la captación de semilla de *Mytilus galloprovincialis* con respecto a los de polipropileno de fibras planas y redondas.

3.- Las zonas de circulación del tanque que obtuvieron una mayor fijación de semilla fueron la zona de ascenso del agua y los centros de celda.

4.- La sobrevivencia a la fijación obtenida en el presente trabajo se compara favorablemente con lo reportado en la literatura.

6.0 LITERATURA CITADA

- Anguiano-Beltrán, C., 1989. Efecto de la temperatura, salinidad y concentración de alimento sobre el desarrollo larval de *Mytilus californianus*. Ensenada, B.C., F.C.M., U.A.B.C. Tesis profesional. 95 p.
- Bardach, J.E., J.H. Ryther y W.O. Mclarney, 1986. Acuicultura. Editorial AGT S.A., México, D.F. 741 p.
- Bayne, B.L., 1964a. Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. (Mollusca). J. Anim. Ecol. 33: 513-525.
- Bayne, B.L., 1964b. The responses of the larvae of *Mytilus edulis* L. to light and to gravity. OIKOS 15(1): 162-173.
- Bayne, B.L., 1965. Growth and delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). OPHELIA 2(1): 1-47.
- Bayne, B.L., 1976. The biology of mussel larvae. En: Marine mussel, their ecology and physiology. Bayne, B.L. (ed). Cambridge Univ. Press. Cambridge. Cap. IV, pp. 81-120.
- Bayne, S.M., 1976. Production of algae for use in the rearing of larvae fish. Res. Tech. Rep. MAFF. Direct. Fish Res., Lovestoft. 53(3): 12-18.
- Brenko, M.H., 1973. The study of mussel larvae and their settlement in Vela Draga Bay (Pula, the Northern Adriatic Sea). Aquaculture. 2: 173-182.
- Bolton, R.T., J.L. Thielker y G.D. Pruder, 1985. Intensive marine bivalve cultivation in a controled recirculating seawater prototype system. University of Delaware Sea Grant College Program. Newark Delaware 19711. DEL-SG-07-82. 1-28 p.
- Buyanovskii, A.I. y V.A. Kulikova, 1984. Planktonic distribution of *Mytilus edulis* larvae and their settlement on collectors in Vostok Bay, Sea of Japan. The Soviet Jour. of Marine Biology. Vol. 10, (6): 350-354.
- Chipperfield, P.N.J., 1953. Observations on the breeding and settlement of *Mytilus edulis* (L.) in British water. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 32: 451-476.

- Coe, W.R. y L.D. Fox, 1944. Biology of the California Sea mussel (*Mytilus californianus*). III Environmental conditions and rate of growth. J. Exp. Zool. 93(2): 59-61.
- Coll, M.J., 1983. Acuicultura marina animal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 670 p.
- Dare, P.J., 1976. Settlement, Growth and production of the mussel *Mytilus edulis* L. , in Morecambe Bay, England. Fishery Invest., London, Ser. II, 28: 1-25.
- DeBlok, J.W. y H.J.F.M. Geelen, 1958. The substratum required for settling for mussel (*Mytilus edulis*). Arch. Neerl. Zool. 13(1): 446-460.
- Dix, T.G., 1983. Settlement on different rope types and growth of blue mussel (*Mytilus edulis planulus*) in Tasmania. Tasm. Fish. Res. 25: 3-9.
- Fabregas, J., C. Herrero, J. Abalde y B. Cabezas, 1985. Growth, chlorophyll "a", and protein on the marine microalgae *Isochrysis galbana* in batch culture with different salinities and high nutrient concentration. Aquaculture. 50: 1-11.
- Figueras, A., 1979. Cultivo del mejillón *Mytilus edulis* y posibilidades para su expansión . En: Advances in aquaculture. ed. F.A.O. Fishing News Books Ltd, England. Cap. IV, pp. 361-371.
- García-Pámanes, F. y L. García-Pámanes, 1987. Cultivo comercial del mejillón en Baja California. Acuavisión. II(10): 27-29.
- García-Pámanes, L., 1984. Sexto informe del proyecto Estudios para el desarrollo del cultivo comercial de los mejillones *Mytilus californianus* y *M. edulis* en las costas de Baja California. Preparado para la Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica de la Secretaría de Educación Pública. Por el I.I.O./U.A.B.C.
- García-Pámanes, L., G. Pares-Sierra, J. García-Pámanes, O. Medina-Hurtado, A. Jiménez-Mercado, J. Wilburn-Gonzalez, 1992. Producción masiva de semilla de mejillón en laboratorio: Estudios de escalamiento. Informe final. UABC/CONACYT P122CCOT-894881. 31 p.
- Hurlburt, C.G. y S.W. Hurlburt, 1975. Blue Gold: Mariculture of the Edible Blue Mussel (*Mytilus edulis*). Mar. Fish. Rev. 37(10): 10-18.

- Incze, L.S. y R.A. Lutz, 1980. Mussel culture: and east coast perspective. ed. R.A. Lutz. Elsevier Scientific Publishing Company, New York. Cap. V, pp. 99-140.
- Kautsky, N., 1982. Quantitative studies on gonad cycle, fecundity, reproductive output and recruitment in a Baltic *Mytilus edulis* population. Marine Biology, 68: 143-160.
- King, P.A., D. McGrath y W. Britton, 1990. The use of artificial substrates in monitoring mussel (*Mytilus edulis* L.) settlement on an exposed rocky shore in the west of Ireland. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 70: 371-380.
- Korringa, P., 1979. Economic aspects of mussel farming. En: Advances in aquaculture. ed. F.A.O. Fishing News Books ltd, England. Cap. IV, pp. 371-379.
- Laing, I. y S. Utting, 1980. The influence of salinity on the production of two commercially import unicellular marine algae. Aquaculture. 21: 78-86.
- Loo, L.O. y R. Rosenberg, 1983. *Mytilus edulis* culture: Growth and production in western Sweden. Aquaculture, 35: 137-150.
- Loosanoff, V.L. y H.C. Davis, 1951. Delaying spawning of lamellibranchs by low temperature. J. Mar. Res. 10: 197-202.
- Maas Geesteranus, R.A., 1942. On the formation of banks by *Mytilus edulis* L. Arch. Neerl. Zool. 6: 283-325.
- Milne, P.H., 1972. Fish and shellfish farming in coastal waters. Fishing News Books ltd, Londres, 208 p.
- Monje-Fernández, F.J., 1983. Experimentos sobre fijación de juveniles del mejillón *Mytilus californianus* en colectores artificiales y estudios de crecimiento para dos especies de mejillón (*M. californianus* y *M. edulis*) cultivo experimental en la costa de Erendira, Baja California, México. Ensenada, B.C., F.C.M., U.A.B.C., Tesis profesional.
- Nash, C.E., 1974. Crop selection issues. En: Open sea mariculture. Hanson, J.A. (ed). Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., U.S.A. Cap. VIII, pp. 183-210.
- Parés-Sierra, G., 1987. Biología del mejillón azul *Mytilus edulis*. Acuavisión. 10: 25-26.

- Quayle, D.B., 1978. A preliminary report on the possibilities of mussel culture in British Columbia. Fisheries and Marine Service Technical Report 815. 35 p.
- Romberg, H.P. y C.E. Epifanio, 1981. Comparative effects of diets consisting of one or two species upon asimilation efficiencies and growth of juveniles oysters *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Aquaculture*. 25: 77-87.
- Seed, R., 1968. The ecology of *Mytilus edulis* (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. *Oecologia*. (Berl.) 3: 305-316.
- Seed, R., 1976. Ecology. En: Marine mussels, their ecology and physiology. Bayne, B.L. (ed). Cambridge Univ. Press, Cambridge. Cap. II, pp. 13-65.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf, 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research and statistical tables. ed. H. Freeman and Company. U.S.A. 859 p.
- Waterstrat, P., K. Chew, K. Johnson y J.H. Beattie, 1980. Mussel culture: a west coast perspective. En: Mussel culture and harvest: a North American perspective., R.A. Lutz (ed). Elsevier Scientific Publishing Company, New York. Cap. VI, pp. 141-165.
- Young, R.T., 1945. Stimulation of spawning in the mussel. (*Mytilus californianus*). *Ecology*. 26(1): 58-69.
- Zhang, F., 1984. Mussel culture in China. *Aquaculture*, 39: 1-10.

ANEXO I.- Fijación de la semilla sobre las muestras de cuerda de 5 cm para cada uno de los tres tanques, en las 4 profundidades estudiadas (5, 15, 25 y 35 cm), en dos centros de celda y en una zona de descenso del agua.

TANQUE I			
Profundidad	Centro	Descenso	Centro
5 cm	1,407	244	756
15 cm	283	81	147
25 cm	155	159	136
35 cm	185	150	307
TANQUE II			
Profundidad	Centro	Descenso	Centro
5 cm	716	403	700
15 cm	315	187	640
25 cm	277	227	428
35 cm	405	250	618
TANQUE III			
Profundidad	Centro	Descenso	Centro
5 cm	898	259	383
15 cm	673	155	419
25 cm	390	212	264
35 cm	300	227	430

ANEXO II.- Fijación en el Tanque I, sobre las muestras de 5 cm de los tres diferentes materiales a probar en tres centros de celda, una zona de descenso del agua y una zona de ascenso.

TANQUE I					
MATERIAL I FIBRAS REDONDAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	483	61	204	202	196
2	250	105	160	113	230
3	154	178	170	224	189
MATERIAL II FIBRAS TEXTURIZADAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	445	175	188	300	184
2	381	243	384	747	266
3	454	427	343	404	530
MATERIAL III FIBRAS PLANAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	265	58	69	54	159
2	226	103	76	356	317
3	170	168	284	671	202

ANEXO III.- Fijación en el Tanque II sobre las muestras de 5 cm de los tres diferentes materiales a probar, para tres centros de celda, una zona de descenso del agua y una zona de ascenso.

TANQUE II					
MATERIAL I FIBRAS REDONDAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	197	212	220	255	209
2	120	61	220	331	137
3	175	96	125	567	329
MATERIAL II FIBRAS TEXTURIZADAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	623	477	636	933	979
2	1,135	607	708	441	713
3	1,122	465	424	381	1,910
MATERIAL III FIBRAS PLANAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	141	83	214	417	125
2	176	128	244	518	225
3	148	328	314	597	231

ANEXO IV.- Fijación en el Tanque III sobre las muestra de 5 cm de los tres diferentes materiales a probar, en tres centros de celda, una zona de descenso del agua y una zona de ascenso.

TANQUE III					
MATERIAL I FIBRAS REDONDAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	529	329	128	105	245
2	449	281	242	176	219
3	279	427	471	275	148
MATERIAL II FIBRAS TEXTURIZADAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	1,031	582	548	1,500	1,884
2	756	279	464	1,324	1,634
3	816	583	702	2,091	1,455
MATERIAL III FIBRAS PLANAS					
Marco	Centro	Descenso	Centro	Ascenso	Centro
1	115	94	127	609	205
2	247	479	298	414	392
3	256	277	531	745	336