



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA
CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA CULTIVO DE
Mercenaria mercenaria, (Linnaeus, 1785) ADAPTADA A LA
PRODUCCIÓN LARVARIA Y PRE ENGORDA DE LA
ALMEJA *Mercenaria campechiensis* (Gmelin, 1791) EN EL
ESTADO DE CAMPECHE

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
O C E A N Ó L O G A

PRESENTA

ALEJANDRA VILLALOBOS VÁZQUEZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, AGOSTO DEL 2004

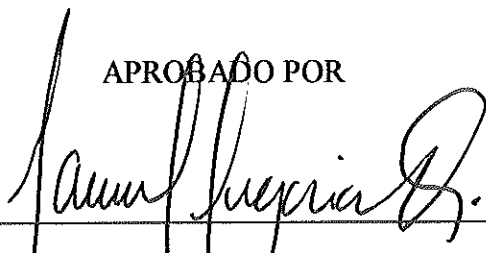
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA
CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA CULTIVO DE
Mercenaria mercenaria, (Linnaeus, 1785) ADAPTADA A LA
PRODUCCIÓN LARVARIA Y PRE ENGORDA DE LA
ALMEJA *Mercenaria campechiensis* (Gmelin, 1791) EN EL
ESTADO DE CAMPECHE**

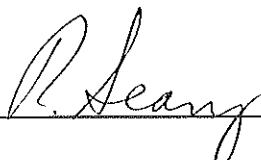
TESIS DE LICENCIATURA
QUE PRESENTA

ALEJANDRA VILLALOBOS VÁZQUEZ

APROBADO POR



DR. MANUEL SEGOVIA QUINTERO
Director de tesis



DR. RICARDO SEARCY BERNAL
Sinodal



M.C RAUL YÉPIZ VELAZQUEZ
Sinodal

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABLAS	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	5
DESCRIPCION AREA DE ESTUDIO	6
MATERIALES Y METODOS	8
Primera Etapa	8
Diseño de un Sistema de Recirculación	8
Obtención de Organismos	10
Calidad de Agua	10
Diseño Experimental	11
Análisis de Datos	11
Transferencia de Tecnología a las Condiciones Socio-Economicas de Campeche	12
Elaboración de un Manual de cultivo de la Almeja <i>Mercenaria spp.</i>	14
Segunda Etapa	15
Transferencia de tecnología de la parte técnica, implementada a las condiciones de laboratorio	15

Transferencia de Tecnología de la parte biológica.....	17
RESULTADOS.....	23
Primera Etapa.....	23
Segunda Etapa	29
Transferencia tecnológica de la parte técnica.....	29
Transferencia tecnológica de la parte biológica	32
DISCUSIONES.....	33
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	45

DEDICATORIA

"Enseñarás a volar,
pero no volarán tu vuelo.

Enseñarás a soñar,
pero no soñarán tu sueño.

Enseñarás a vivir,
pero no vivirán tu vida.

Sin embargo...
en cada vuelo,
en cada vida,
en cada sueño,
perdurará siempre la huella
del camino enseñado."

A MIS PADRES:

GRACIAS POR PERMIRME TENER UNA FAMILIA

MAMA: GRACIAS POR EL APOYO QUE SIEMPRE HE TENIDO DE TI

PAPA: ESTO ES POR TI

GRACIAS

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA Y AL CENTRO DE INVESTIGACION CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA POR HABER FACILITADO LAS INSTALACIONES Y MATERIAL PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A LA FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS POR HABER SIDO MI CASA DE ESTUDIOS POR MAS DE 4 AÑOS.

A LA SECRETARIA DE PESCA ESTADO DE CAMPECHE

AL DR. MANUEL SEGOVIA QUINTERO POR SU APOYO Y AMISTAD DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA TESIS. (ACABAMOS POR FIN), AHHH Y RECUERDA QUE TODAVIA ERES JOVEN Y PUEDES COMETER ERRORES Y LA VIDA ES DIFÍCIL E INCOMPRESIBLE

A MIS SINODALES EL DR RICARDO SEARCY Y M.C RAUL YÉPIZ POR SU GRAN COMPENSIÓN Y AYUDA.

A MIS MAESTROS QUE ME BRINDARON LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA PODER SER UNA PROFESIONAL.

AL DOC. CRISTIAN GALLARDO, GRACIAS POR LAS FOTOS, Y POR TODO EL VIAJECITO A CAMPECHE DESPUES DE TODO; TODO SALIO BIEN.

A MIS AMIGOS QUE FUERON MI SEGUNDA FAMILIA, Y QUE SIEMPRE ESTUVIERON AHÍ, EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS. ESPECIALMENTE A ELIZABETH IRIS Y OLIVIA PALMA AVIÑA, A LOS MULUCK, LOS QUE ESTAN Y TAMBIEN A LOS QUE YA SE FUERON, A LOS POLIPOS, UNO QUE OTRO ORCLIS Y LOS QUE SE ME OLVIDARON

A MI FAMILIA QUE SIEMPRE ESTUVO CON MIGO, Y QUE ME APOYO CON ESTA LOCA IDEA DE SER OCEANOLOGA. ABUE, PAPO, TIA PATY, ANDREA GRACIAS.

A MIS HERMANAS DANIELA Y NATALIA LAS QUIERO MUCHO, ESPERO QUE UN DIA USTEDES TAMBIEN CUMPLAN SU SUEÑO DE HACER LO QUE MAS LES GUSTA EN LA VIDA, NO SE DEN POR VENCIDO.

A DANNA SOPHYA QUE AL LLEGAR A ESTE MUNDO NOS DIO MUCHA FELICIDAD.

A LALO; GRACIAS POR QUERERME Y ACEPTARME TAL CUAL SOY, GRACIAS POR ESTAR CON MIGO SIEMPRE, EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS, GRACIAS POR SER MI APOYO INCONDICIONAL. RECUERDA QUE SIEMPRE SERAS UNA DE LAS PERSONAS MAS IMPORANTES EN MI VIDA.

LISTA DE FIGURAS

1. Ubicación del Laboratorio de Producción de Moluscos Bivalvos en la Ciudad de Champotón, Campeche	7
2. Diagrama del prototipo del sistema de recirculación diseñado en el CICESE para el cultivo de <i>Mercenaria mercenaria</i>	9
3. Diagrama de una unidad de surgencia para el sistema de recirculación	9
4. Esquema del sistema de recirculación dividido por secciones	11
5. Diseño de la estructura de PVC adaptada a la unidad de surgencia	13
6. Esquema de la unidad de surgencia adaptada al sistema de laboratorio del ITMAR, extensión Champoton.....	13
7. Croquis del laboratorio de producción de moluscos bivalves en el ITMAR extensión Champotón. 1) Taller de acuicultura; 2) Producción larvaria; 3) Microalgas; 4) Producción de semillas; 5) Producción de artemia	15
8. Adaptaciones realizadas al laboratorio de producción de moluscos bivalvos del ITMAR. 1. área de pre-engorda, 2. cepario, 3. microalgas en cultivos masivos, 4. área de desoves, 5. producción larvaria, 6. fijación.....	16
9. Prototipo del sistema de recirculación diseñado para el cultivo de <i>Mercenaria mercenaria</i>	23
10. Unidades de surgencia del sistema de recirculación para el cultivo de <i>Mercenaria mercenaria</i>	24
11. Semillas de <i>Mercenaria mercenaria</i> en el sistema de recirculación.....	24

12	Parámetros fisicoquímicos reportados en el sistema de recirculación para el cultivo de <i>Mercenaria mercenaria</i>	25
13	Temperatura y crecimiento de las semillas (mm) registrados en los diferentes periodos de muestreo en el sistema de recirculación.....	26
14	Laboratorio de producción de moluscos bivalvos. área de microalgas: cepario, 2) cultivos masivos.....	29
15	Laboratorio de producción de moluscos bivalvos, área de maduración.....	30
16	Laboratorio de producción de moluscos bivalvos, área de reproducción	30
17	Laboratorio de producción de moluscos bivalvos, área de mantenimiento y manejo de larvas.....	31
18	Laboratorio de producción de moluscos bivalvos, área de pre-engorda.....	31

LISTA DE TABLAS

1. Promedios finales en longitudes y tasas de crecimiento de las cuatros secciones en las que se dividió el sistema de recirculación para el cultivo de *Mercenaria mercenaria*27
2. Porcentaje de mortalidad total de cada sección y mortalidad total acumulada en el sistema de recirculación 28

RESUMEN

Actualmente en la industria de la Acuicultura es necesario implementar técnicas eficientes que permitan desarrollar mecanismos para aumentar la productividad y disminuir los costos de producción. La facilitación de infraestructura y el desarrollo de equipo especializado son los objetivos principales para que se lleve a cabo una transferencia tecnológica, la cual debe ser adaptada según las condiciones de la parte receptora.

Se realizó una transferencia tecnológica para el cultivo de *Mercenaria spp* en el Estado de Campeche. Para esto se diseñó, construyó y evaluó un sistema de recirculación para el cultivo de *Mercenaria mercenaria*. El sistema contó con 12 tubos de PVC de 0.304 m de diámetro, una altura de 0.6 m y un volumen de 21.79L c/u, un biofiltro de esferas de polietileno de baja densidad con un volumen de 0.007 m³ (¼ ft³), 2 bombas centrifugas que mantenían en el sistema una tasa de flujo de 0.5L/ min y un enfriador de agua que mantenía una temperatura constante de 18⁰C. Se utilizaron semillas de *M. mercenaria*, con una longitud inicial 3 ± 0.5 mm, las cuales fueron colocadas a una densidad de 0.051 g/cm². Se alimentó diariamente con una dieta combinada de microalgas (50-50) *Isochrysis galbana* (T-iso) y *Chaetoceros sp.* a una densidad de 400 cel/mL. Se midió el incremento en longitud y la mortalidad diaria de las semillas por un periodo de 31 días. Los incrementos de longitud promedio obtenidos en este experimento fueron de 0.1185 mm/día, teniendo una mortalidad de 4.69% a lo largo del experimento.

El uso de tecnología de sistemas de recirculación en laboratorios de producción, es una alternativa para el cultivo de almeja dura, la cual permite tener condiciones controladas de calidad de agua, tasas de crecimiento y mortalidad, con el fin de lograr un aumento en la productividad disminuyendo los costos de producción.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de diseñar, implementar o adaptar alguna tecnología que optimice los procesos productivos, es un hecho que los países en desarrollo están viviendo hoy en día. Estos necesitan el apoyo de países tecnológicamente más avanzados u organizaciones para dirigir muchos problemas ambientales y/o tomar ventaja de sus propios recursos (UNCTAD, 2003). El término “Transferencia Tecnológica”, se define como la provisión o facilitación de tecnologías que son relevantes para la conservación y/o uso sostenible de la diversidad biológica o para hacer uso de recursos genéticos sin causar un daño significativo al ambiente (UNCTAD, 2003). La “transferencia tecnológica” es generalmente usado en acuerdos entre dos o más partes, en los se determina los procesos productivos o tecnologías que van a ser transferidos al país receptor (UNCTAD, 2003).

Para cualquier país en desarrollo, así como los países y organizaciones tecnológicamente avanzados, la transferencia de tecnología y el mejoramiento de su infraestructura de investigación, es definitivamente una relación en que las partes implicadas ganan (UNCTAD, 2003). En los sistemas de innovación, la transferencia de tecnología se convierte en el aliado de la investigación. En un proceso relacionado, representa el conjunto de actividades por las que la tecnología se difunde y llega a los productores en las más diversas formas: comercial, productiva, social o cultural (SAGARPA, 2004).

Para un país en vías de desarrollo, la producción de alimentos es uno de los más grandes problemas, esto debido a que no cuentan con los conocimientos tecnológicos suficientes y presentan carencias en cuanto a mano de obra especializada, inversión e infraestructura tecnológica (UNCTAD, 2003).

Desde hace varios años, México realiza esfuerzos para resolver este problema, sin embargo, estudios efectuados para proveer los incrementos en la demanda y oferta de los alimentos indican un déficit en los próximos años.

En particular, en el caso de la explotación, procesado y comercialización de especies acuáticas (marinas y dulce-acuícolas) destinadas al consumo humano, se carece de sistemas ágiles y redes de distribución que faciliten la disponibilidad de los productos en las diferentes regiones del país.

Las aguas que bañan las costas mexicanas, ofrecen al país grandes ventajas que han permitido establecer importantes pesquerías comerciales, principalmente en el Golfo de California, en la costa occidental de la península de Baja California, en la sonda de Campeche, así como algunas pesquerías tropicales a lo largo de todos los litorales (SAGARPA, 2004). Las principales especies que forman la captura apta para consumo humano directo; son los peces óseos, los elasmobranquios, crustáceos y moluscos. Los recursos potenciales que ofrecen las aguas marinas mexicanas son peces de fondo, peces picudos, mejillones, almejas, esponjas y corales (SAGARPA, 2004).

En la última década, se han producido cambios importantes en las pesquerías, sobre todo en el caso de los moluscos, debido a la gran explotación a que han estado sujetos así como a la ampliación del mercado. El que los moluscos estén incorporados como productos convencionales del consumo del hombre, causa un incremento en la demanda, lo cual estimula la necesidad de desarrollar técnicas de cultivo para el incremento de la productividad, lo que permite una producción moderna y con mayor grado de competitividad y tecnificación (SAGARPA, 2004)

A lo largo de las Costas de Norte América, se encuentran cinco especies representativas de bivalvos, que son comercialmente importantes. Estas especies pertenecen a la Subfamilia Chioninae, familia Veneridae, clase Bivalvos, phylum Molusca, y están representadas por; *Mercenaria campechensis*, *Mya arenaria*, *Spisula solidissima*, *Venerupis japónica* y *Mercenaria mercenaria*. Dos de estas especies presentan el más alto potencial comercial en el mercado mundial: la almeja del Sur (*M. campechiensis*) y la almeja del Norte (*M. mercenaria*) mejor conocida como almeja dura (Kraeuter N y Castagna M., 2001).

La almeja *Mercenaria spp.* vive en aguas salinas; la almeja del Norte (*M. mercenaria*) se distribuye a lo largo de toda la costa Atlántica de los E.U.A desde Nueva Escocia hasta Florida. La almeja del sur se extiende desde New Jersey hasta el Sur del Golfo de México, y es abundante en la costa Oeste de Florida (Florida Marine Research 2003).

Esta especie se encuentra principalmente donde hay presencia de sedimentos finos como limos y arcillas, desde pequeños hasta extensos bancos. Los bancos se pueden encontrar en las zonas justo después del nivel de marea baja, especialmente en áreas protegidas, como bahías y estuarios. En estas zonas, las almejas están asociadas a pastos

marinos y camas de algas, pero en el Golfo de México se pueden encontrar en barras de arena (Tebble, 1966).

La industria pesquera de la almeja ha presentado grandes fluctuaciones a lo largo de los años. La primera cosecha comercial de *Mercenaria spp*, fue documentada a principios de 1880, reportándose altas producciones, lo que dio paso a la formación de la industria de las Diez Islas en Florida (Florida Marine Research, 1998). Desde 1931, y a lo largo de diez años, más de un millón de almejas fueron extraídas de la Costa Oeste de Norte América, hasta principios de 1947, cuando la pesquería se colapsó. Para 1950, la producción se anual había reducido drásticamente, reportándose cosechas mínimas (Florida Marine Research, 1998).

En Florida desde 1990, la pesquería de la almeja dura ha experimentado un incremento, y hasta la fecha se estima en un valor de más de 7 millones USD. La extracción de poblaciones naturales de la almeja *Mercenaria spp*, así como la producción de esta especie por técnicas acuiculturales constituyen en forma combinada, una de las industrias más importantes en todo el mundo, tanto en términos de volumen como de valor (Florida Marine Research, 1998). Actualmente, el mercado de la almeja dura se cotiza en 18.5 millones de dólares al año, ya que aun cuando sólo constituye el 7% de todas las especies de almejas, representa un 53 % del valor total de la producción acuicultural y pesquera (Florida Marine Research, 1998, FAO, 2001)

El cultivo de la almeja *Mercenaria spp*, se originó en Japón, existiendo referencias de que en el siglo VIII se hacían ya trasplantes de almejas de las áreas nativas a otras donde se desarrollaban rápidamente. Este cultivo prosperó, y a principios del siglo XVIII se estableció formalmente su cultivo (Kraeuter N y Castagna M., 2001).

Hacia los años cuarenta del siglo pasado Europa empezó a expandir el cultivo de almejas *Mercenaria spp*, que fue creciendo hasta llevar a España a ocupar el primer puesto mundial en la producción de esta especie con unas 200.000 toneladas al año (Kraeuter N y Castagna M., 2001).

El cultivo de la almeja *M. mercenaria* ha experimentado un crecimiento constante hasta constituir actualmente, la especie de almeja más cultivada en el continente Europeo. Diversos avances científicos y tecnológicos han inyectado un nuevo interés en su cultivo en los últimos años, especialmente en el campo de sistemas de pre-engorda y engorda en condiciones controladas (Kraeuter N y Castagna M., 2001).

El éxito que tiene el cultivo de moluscos, incluyendo las almejas depende principalmente de la disponibilidad de semillas en grandes cantidades en cualquier época del año. En Estados Unidos, se han desarrollado sistemas de reproducción para el cultivo de almejas con condiciones controladas (laboratorios de producción), que proveen en forma constante la semilla necesaria para las actividades de pre-engorda y engorda que se llevan a cabo en forma extensiva (FAO, 2001). El éxito y popularidad de laboratorios de producción ha llevado a desarrollar unidades de producción donde en forma rutinaria se aclimatan, desovan reproductores y pre-engordan a las semillas hasta la talla de 10 – 15 mm, para ser posteriormente sembradas en parcelas de producción.

En México no existe una industria formal que se especialice en la explotación sostenida de las poblaciones naturales de almeja *Mercenaria mercenaria* y *Mercenaria campechiensis* de la misma forma, no se ha reportado el cultivo de esta especie (FAO, 2001).

En el Estado de Campeche en 1986, el recurso almeja fue muy importante en la zona sur del estado de Campeche, particularmente en la Laguna Pom-Atasta, registrándose importantes capturas de hasta 1500 toneladas / año. La captura de almeja en 1992, presentó un drástico decremento que continuó los años siguientes hasta cerrar la pesquería en 1995, año en que los bancos de almeja se agotaron.

Actualmente no existe la pesquería del recurso almeja en el Estado de Campeche, debido a que los bancos se encuentran en recuperación.

El Estado de Campeche es el primer Estado en la Republica Mexicana donde se llevaría a cabo el maricultivo y producción de la almeja *Mercenaria campechiensis*, lo cual va a servir como modelo para el inicio de un nuevo tipo de industria acuicultural desarrollada con tecnología generada en México.

El establecimiento del laboratorio de producción de moluscos servirá como un modelo para el crecimiento de esta industria, tanto a nivel regional como estatal, además de que puede actuar como un catalizador para la generación de una nueva fuente de empleos, todos estos asociados con las diferentes etapas de crecimiento de la almeja *Mercenaria campechiensis*, tanto en la parte de engorda como de compra y uso de insumos.

Este trabajo surge como una inquietud entre la Secretaria de Pesca del Gobierno Constitucional del Estado de Campeche y el Centro de Investigación Científica y de

Educación Superior de Ensenada a través del Departamento de Acuicultura, Biotecnología Marina enfocada a desarrollar por medio de la transferencia de un paquete tecnológico la producción de larvas de ostión americano y la almeja mercenaria en condiciones controladas en laboratorio.

Se pretende cubrir los aspectos mas importantes relacionados al manejo de estas dos especies de importancia comercial y a la vez establecer los primeros pasos enfocados al desarrollo de lo que posteriormente será una acuicultura comercial a nivel estatal enfocada al cultivo de moluscos, específicamente *Mercenaria campechiensis*

DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO:

El municipio de Champotón se encuentra situado en la zona centro del Estado de Campeche, entre los meridianos 89° 32' y 91° 08' de longitud Oeste y entre los 17° 49° y 19° 41° de latitud Norte (Figura 1).

El municipio de Champotón limita al Norte con los municipios de Campeche y Hopelchén, al Sur con el municipio de Escárcega, al Este con el municipio de Calakmul y al Oeste con el municipio de Carmen y el Golfo de México (INEGI, 2000). El municipio de Champotón posee una extensión territorial de 6,088.28 km², que representa el 10.7% del total del estado. El relieve topográfico es plano con pequeñas ondulaciones, que propician la formación de una parte de los valles como el de Yohaltum y Edzna, este último extendiéndose hasta el municipio de Campeche. La altitud media es de 27 metros sobre el nivel del mar; la cual se extiende de la localidad de Seybaplaya parte la sierra alta, que en su recorrido por la costa forma un gran acantilado con una punta conocida como el "Morro."

En este municipio se localiza el Río Champotón, que es navegable con embarcaciones de hasta 15 toneladas, el cual se extiende desde Canasayab hasta Champotón, con una extensión de 35 kilómetros; es decir, la mayor parte de los 47 kilómetros que mide su longitud. Su cuenca es de 6,080 kilómetros cuadrados y su escurrimiento anual asciende a unos 885 millones de metro cúbicos. Encontramos también lagunas como la de Nayarit de Castellot y Noch (INEGI, 2000)

El laboratorio de producción de moluscos bivalvos se localizará en el municipio de Champotón Campeche



Figura 1. Ubicación del Laboratorio del Producción de Moluscos Bivalvos en la Ciudad de Champotón, Campeche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Debido a la complejidad en el desarrollo y transferencia de un paquete tecnológico, se propuso que esta se llevara a cabo en dos etapas, las cuales se describen a continuación.

Primera etapa.

La primera etapa consistió en el desarrollo tecnológico, el cual se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), y se dividió en siete partes: 1) Diseño de un sistema de recirculación, 2) Obtención de organismos, 3) Calidad de agua, 4) Diseño experimental, 5) Análisis de datos, 6) Transferencia de tecnología a las condiciones socio-económicas de Campeche, 7) Elaboración de un manual de cultivo para la almeja *Mercenaria spp.*

Diseño de un sistema de recirculación.

Se diseñó, construyó y evaluó un sistema de recirculación para el cultivo en etapa de pre-engorda para la almeja *Mercenaria spp.* El sistema consistió en 12 tubos de PVC blanco con fondo plano, cada uno con diámetro de 0.304 m, altura de 0.6 m y un volumen de 21.79 L.

En la parte lateral superior de cada tubo se colocó un drenaje de 0.025 m de diámetro, el cual estaba conectado por medio de una manguera tipo rosca a un tubo de PVC blanco de 0.05 m que servía como drenaje. Cada tubo tenía en la parte lateral inferior una entrada de agua la cual estaba regulada con una llave de paso de 0.0127 m.

Los tubos estaban sellados por la parte inferior por un tapón cachucha de 0.304 m de diámetro. En la parte superior se colocó otro tapón del mismo diámetro para evitar el aumento de temperatura por contacto directo con el sol, inducción de partículas y polvo (Figura 2).

Dentro de cada tubo, se colocó otro tubo de PVC blanco de 0.254 m de diámetro y 0.45 m de altura, los cuales en la parte inferior se les pegó una malla de 500 μ m. Cada tubo contaba con un drenaje de 0.025 m en la parte superior (Figura 3). A fin de poder manejar mejor los organismos y evaluar crecimiento y mortalidad en una forma eficiente, el sistema se dividió en cuatro secciones con tres tubos cada una (Figura 4).

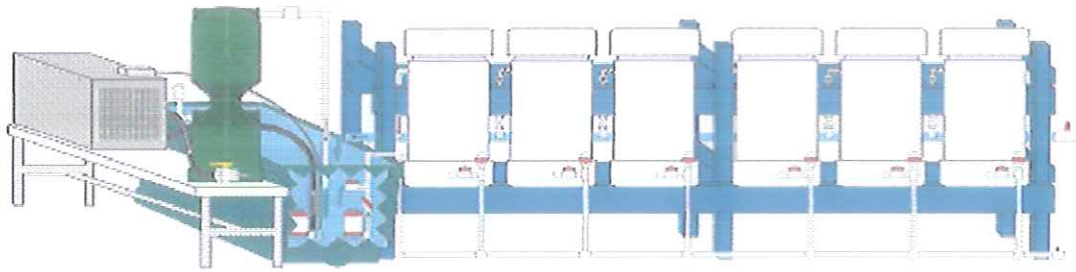


Figura 2. Esquema del prototipo experimental del sistema de recirculación utilizado para el cultivo de *M. mercenaria* en su etapa de pre-engorda en las instalaciones del CICESE.

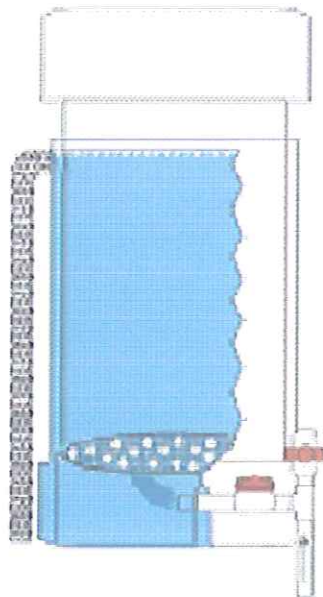


Figura 3. Esquema del prototipo experimental una unidad de surgencia para el sistema de recirculación.

El sistema de recirculación cuenta con un biofiltro de esferas de polietileno de baja densidad con un volumen de 0.007 m^3 ($\frac{1}{4} \text{ ft}^3$) el cual llevo a cabo las tareas de nitrificación y bioclarificación, manteniendo así la calidad de agua adecuada para los organismos. En el sistema, el agua se recirculó por medio de dos bombas centrifugas sumergibles Little Giant modelo 3E-12N, donde cada bomba suministraba agua a una batería de 6 tubos. En el sistema, el agua era transportada del tanque de compensación por medio de un tubo de PVC de 0.0125 m de diámetro, el cual se estaba conectado por la parte inferior de cada tubo. El agua entraba por la parte inferior creando el fenómeno de surgencia. La tasa de flujo de cada tubo fue de aproximadamente 2 L/min. El aire se suministró en el tanque de compensación, por medio de piedras difusoras conectadas a un aireador eléctrico regenerativo. A fin de mantener la temperatura constante, se utilizó un enfriador de agua Cyclone de 1/3 H.P.

Obtención de organismos.

Las semillas (*M. mercenaria*) fueron obtenidas de Gordon's Shellfish, Pocomoke, MD, U.S.A. Las semillas presentaban una talla inicial de 3 ($x \leq 0.5 \text{ desv}$)mm de longitud. Una vez en el laboratorio se contaron, se pesaron y se colocaron en el sistema a una densidad de $2,421 \pm 50$ almejas por tubo, teniendo un total de 40,000 almejas en el sistema.

Las almejas se alimentaron diariamente con una dieta combinada de microalgas (50-50) *Isochrysis galbana* (*T-iso*) y *Chaetoceros sp.* a una densidad de 400 cel/mL. (Kraeuter N y Castagna M., 2001).

Calidad de agua.

Los parámetros físico-químicos se evaluaron diariamente. La temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) y el oxígeno disuelto se midieron usando un Oxímetro modelo DO200 Ysi. Para el pH se utilizó un potenciómetro modelo Oakton pH testr2. La alcalinidad total, Nitrógeno amoniacal total (NAT) y Nitritos ($\text{NO}_2 \text{ N}$) se midieron usando un kit de calidad de agua Hach FF3. Los parámetros de calidad de agua se encontraron dentro de los límites establecidos para el cultivo de *Mercenaria mercenaria* a lo largo del

experimento. Temperatura $18\pm 1^{\circ}\text{C}$, salinidad 24 ± 1 ppt, oxígeno 6 ± 0.05 g/L, pH 7.5 ± 0.5 , nat 0 NO_2N 0 mg/L (Kraeuter N y Castagna M., 2001).

Diseño experimental.

Para el experimento se evaluó la ganancia en peso y la longitud de las semillas de la almeja *M. mercenaria*. Para este efecto, el sistema que consistía de 12 tubos se dividió en 4 secciones esto con fines prácticos de manejo de organismos. La sección I consistió en los tubos (1,2,3), sección II tubos (4,5,6), sección III tubos (7,8,9) y sección IV tubos (10,11,12). A fin de contar con datos de longitud y mortalidad del total de las semillas, se muestrearon los 3 tanques de una sección por día por el total del periodo que duro el experimento (Figura 4). Cada una de las secciones se muestreo cada cinco días hasta el último día del experimento.

El muestreo consistió en poner en una charola transparente con agua del sistema, todas las almejas que se encontraban en un tubo. Las almejas se distribuyeron homogéneamente a lo largo de la charola y se procedió a determinar la mortalidad total de cada tubo. Posteriormente se extrajeron aleatoriamente 10 almejas, a las cuales se les midió la longitud y altura utilizando un vernier electrónico Cycus 12-5. El experimento se llevó a cabo por un periodo de 31 días

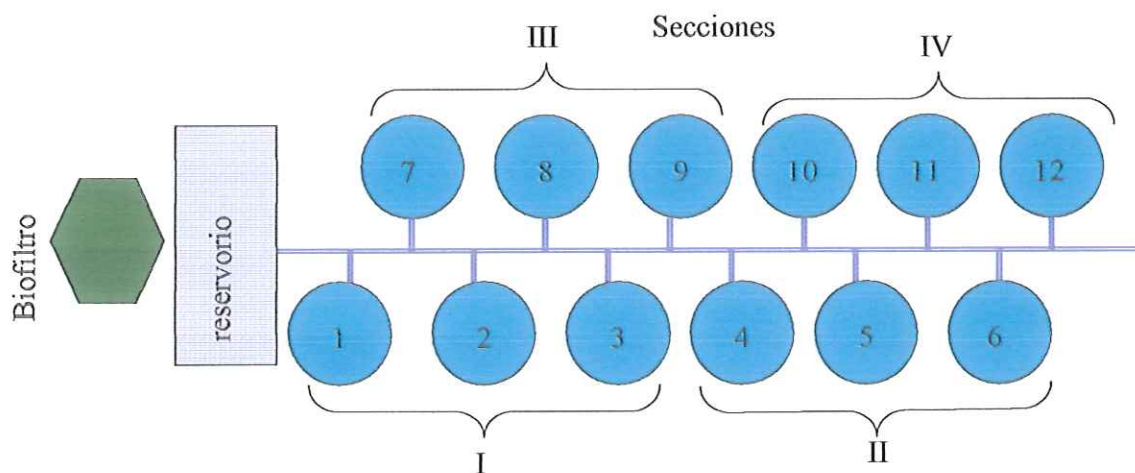


Figura 4. Esquema del sistema de recirculación dividido por secciones.

Análisis de datos.

Los datos de longitud y mortalidad fueron sometidos a un análisis de normalidad, una vez que se comprobó la normalidad, los datos se analizaron por medio de un modelo Análisis de varianza no balanceado (SAS 1985, versión 6.12). Cuando se detectaron diferencias significativas, se utilizó un modelo a posteriori tipo Tukey a un nivel de significancia de 0.05.

Transferencia de tecnología adaptada a las condiciones de Campeche.

Una vez que el sistema para el cultivo de semillas fue evaluado en el CICESE, se llevó a cabo la transferencia y adaptación de tecnología al laboratorio de producción de almeja situado en el ITMAR Champotón, en el Estado de Campeche.

Para llevar a cabo esta transferencia, se tuvo que adecuar a las condiciones tanto sociales como económicas de Campeche, esto debido a que no se contaba con el capital suficiente, para construir el sistema diseñado anteriormente. Por lo que se utilizó el material que se tenía disponible.

La adaptación tecnológica consistió en la implementación de un sistema de surgencia y contra-surgencia similar en concepto al desarrollado en el CICESE pero por medio de bombeo de agua por aire "airlift". Para este efecto, a una cubeta blanca con capacidad de 20 L, se le removió el fondo, y este fue reemplazado con malla de 200 μ m.

En forma paralela se cortaron tres tramos de PVC los cuales se unieron por medio de cuatro codos, tal como se indica en la figura 5. Se realizó una perforación con un sacabocado a una distancia de 0.05 m del extremo superior de la cubeta, en la cual se insertó un adaptador macho de 0.0254 m cm de diámetro.

El tramo armado de PVC (Figura 5) se unió al adaptador macho tal como se muestra en la figura 6. Una vez que el sistema surgencia-contr surgencia fue armado, se colocó en el agua, donde se le inserto una piedra difusora en el lado de descarga a fin de generar un efecto de surgencia, en caso de querer generar el efecto de contra-surgencia, el difusor se colocó en el lado de recarga (Figura 6).

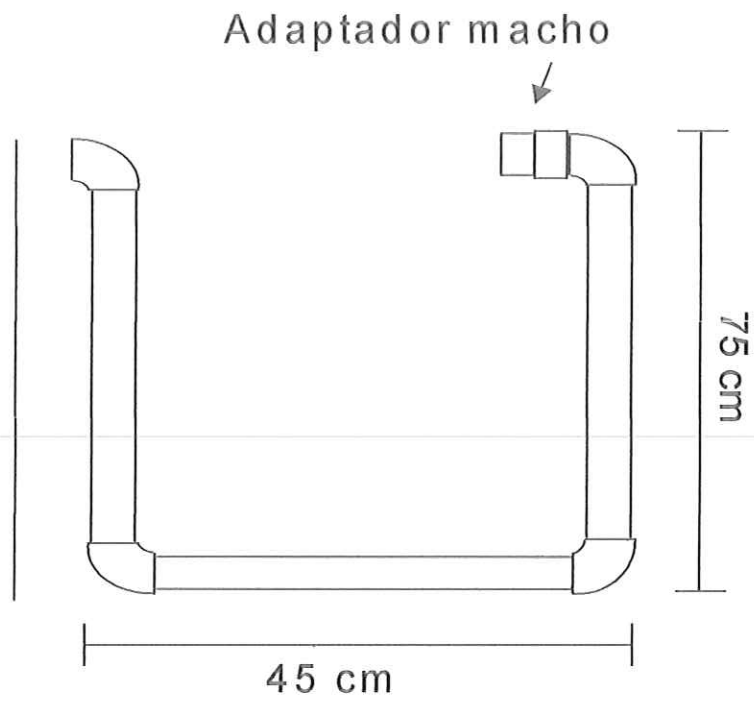


Figura 5. Diseño de la estructura de PVC adaptada a la unidad de surgencia

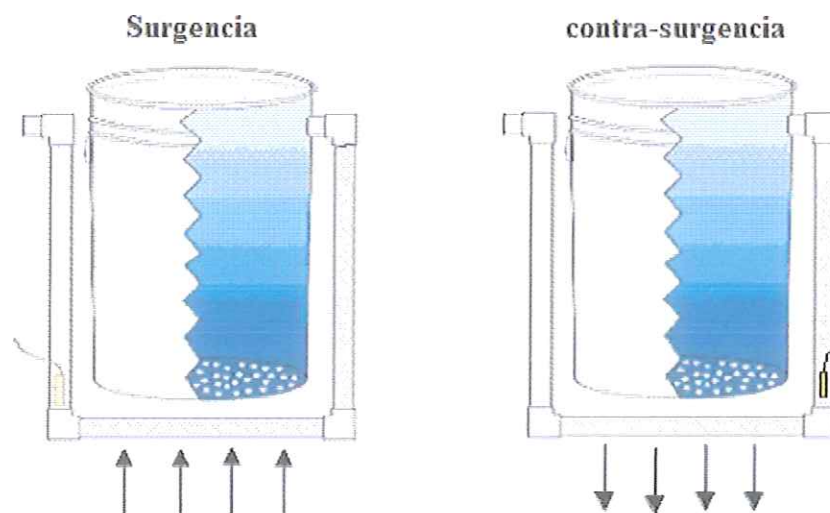


Figura 6. Unidades de surgencia adaptadas al sistema del laboratorio del ITMAR extensión Champotón.

Elaboración de un manual de cultivo de la almeja *Mercenaria spp*

Se elaboró un manual de cultivo para la almeja *Mercenaria campechiensis* el cual se dividió en dos partes.

- I) Aspectos Biológicos Generales:
 - I.I.-Generalidades de la especie.
 - I.II.- Biología descriptiva.
 - I.III.- Reproducción.
 - I.IV.- Embriología.
- II) Aspectos Técnicos Operativos:
 - II.I.- Acuicultura de la Almeja *Mercenaria spp*.
 - II.II.- Maduración
 - II.III.- Inducción a la reproducción.
 - II.IV.- Manejo y mantenimiento de larvas.
 - II.V.- Alimentación.
 - II.VI.- Profilaxis.

El objetivo de este manual, fue el de cubrir los aspectos más importantes relacionados al manejo de esta especie de importancia comercial, y a la vez establecer los primeros pasos enfocados al desarrollo de lo que posteriormente será una acuicultura comercial a nivel estatal enfocada al cultivo de moluscos, específicamente de *Mercenaria campechiensis*. El manual esta disponible con los autores de esta tesis y en la biblioteca de la Universidad Autónoma de Baja California.

Segunda etapa.

La segunda etapa consistió en la Transferencia tecnológica, adaptada a los requerimientos del usuario, esto implica el conjunto de procesos, conocimientos, experiencia y equipos. Esta etapa se dividió en 2 partes.

1.- Transferencia tecnológica de la parte técnica, implementada a las instalaciones de laboratorio.

La Transferencia tecnológica adaptada a los requerimientos del usuario, implicó la identificación de puntos críticos en el laboratorio. Para esto, se evaluaron las áreas con las que contaba el laboratorio del ITMAR extensión Champotón. Estas áreas eran: 1) taller general de acuicultura, 2) producción larvaria, 3) producción de artemia, 4) producción de semillas, 5) microalgas (Figura 7).

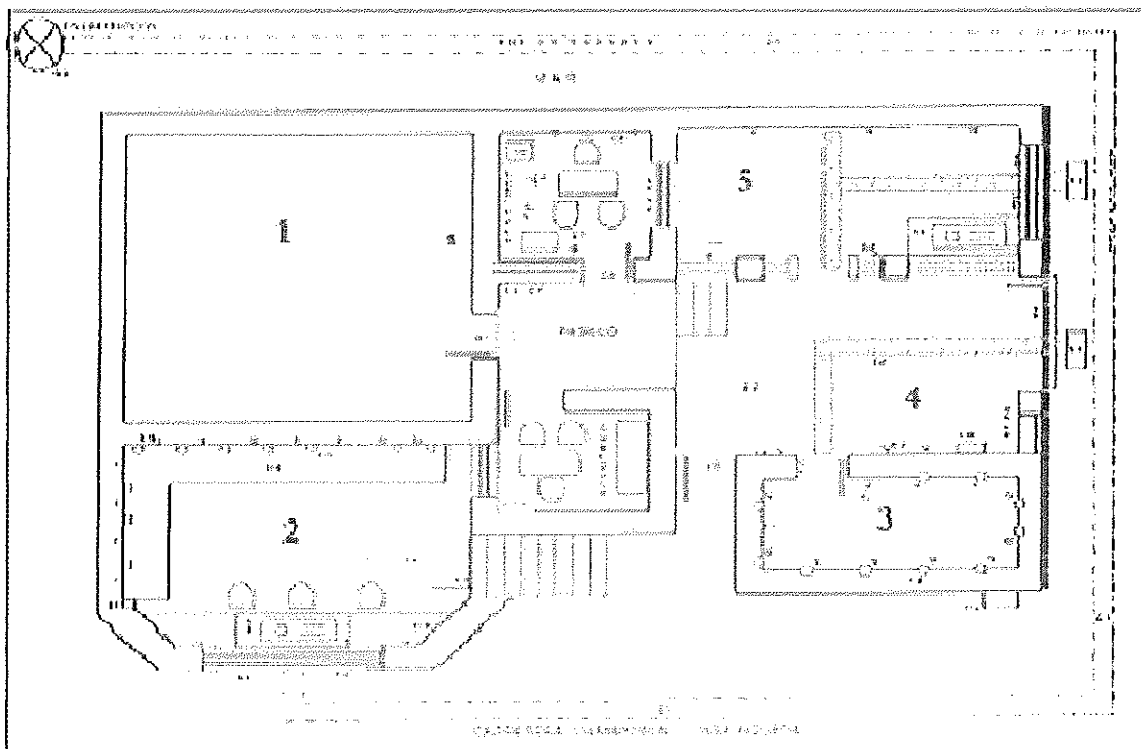


Figura 7. Croquis del laboratorio de producción de moluscos bivalvos en el ITMAR extensión Champotón. 1) Taller de acuicultura, 2) producción larvaria, 3) microalgas, 4) producción de semillas, 5) producción de artemia.

Con el fin de tener un laboratorio para el uso exclusivo de cultivo de moluscos bivalvos, algunas de las áreas se reubicaron y otras se modificaron. El taller general de acuicultura se convirtió en el área de pre-engorda, en donde se encontraban sistemas de flujo continuo que tenían la capacidad de mantener semillas con tallas iniciales >2 mm de longitud. El área donde se encontraba la producción larvaria, se convirtió en cepario, ya que en este lugar contaba con el equipo necesario para mantener las condiciones óptimas de asepsia para los cultivos primarios y secundarios de microalgas. La producción larvaria se reubicó en un lugar en donde hubiera espacio necesario para poder colocar contenedores cónicos con capacidades de 500 L. El área de producción de artemia se convirtió en área de fijación. Con fines prácticos, el área de desove se ubicó justo frente el área de cultivo masivo de microalgas (Figura 8).

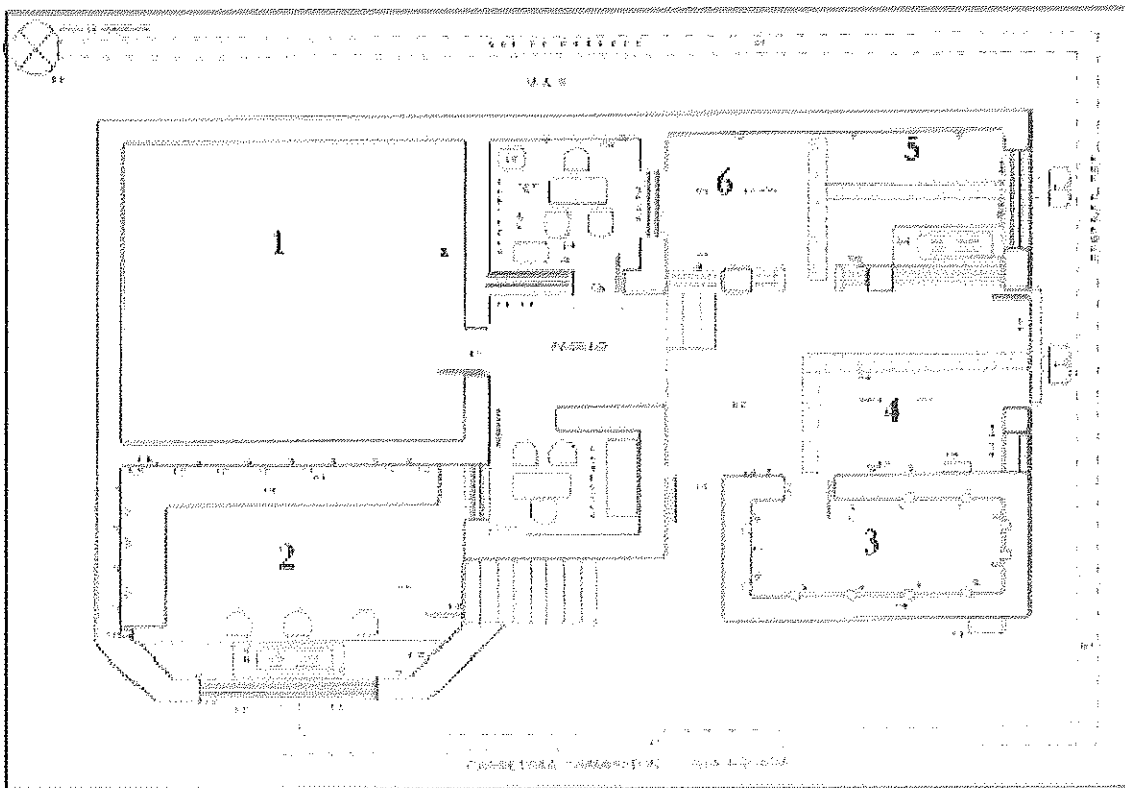


Figura 8. Adaptaciones realizadas al laboratorio de producción de moluscos bivalvos del ITMAR. 1) área de pre-engorda, 2) cepario, 3) microalgas en cultivos masivos, 4) área de desoves, 5) producción larvaria, 6) fijación.

2.- Transferencia tecnológica de la parte biológica.

La transferencia tecnológica se llevó a cabo por medio de un curso de capacitación teórico-práctico donde se cubrieron los métodos de manipulación de reproductores, inducción al desove, manejo de larvas y métodos de manejo y alimentación en pre-engorda. Tal como se describe a continuación.

Parte teórica

UNIDAD I. GENERALIDADES.

1. Taxonomía
2. Distribución geográfica.
Rangos de distribución.
Factores ambientales.
Temperatura.
Salinidad.
3. Hábitat.
4. Sinónimos.
5. Descripción de la especie.
 - 5.1. Simetría .
 - 5.2. Bivalvos
 - 5.3 *Mercenaria campechiensis*

UNIDAD II. BIOLOGÍA DESCRIPTIVA

1. Anatomía General .
Aparato Digestivo.
Aparato Respiratorio.
Sistema Muscular.
Sistema Reproductor
Hermafroditismo en bivalvos.
Tipo de hermafroditismo en *Mercenaria campechiensis*.

UNIDAD III. REPRODUCCIÓN

1. Gametogénesis.
2. Ovogénesis.
3. Espermatogénesis.
4. Fertilización
 - 4.1. Fecundación.
 - 4.2. Meiosis

UNIDAD IV. EMBRIOLOGÍA.

1. Desarrollo embrionario.
 - 1.1. Ovocito
 - 1.2. Blástula.
 - 1.3. Gástrula
2. Fases larvarias.
 - 2.1. Trocófora.
 - 2.3. Veliger.
 - 2.4. Veliger tardía

- 2.5. Pedi veliger
3. Formación de conchas.

UNIDAD V. GENETICA

1. Genética de la especie.
2. Hibridización.
3. Manejo de parásitos y enfermedades.

UNIDAD VI. CULTIVO DE ALMEJA

1. Acuicultura de la almeja.
 - 1.1 Maduración de reproductores.
 - 1.2 Determinación de calidad de reproductores.
 - 1.3 Acondicionamiento.
 - 1.4 Factores que afectan la reproducción.
 - 1.5 Inducción a la reproducción.
 - 1.6 Manejo de gametos y huevos.
 - 1.7 Manejo de larvas.

Parte práctica.

La parte práctica consistió en tres sesiones de laboratorio, en donde se cubrieron los métodos de: 1) manipulación de reproductores, 2) inducción al desove y manejo de larvas, 3) métodos de manejo y alimentación en pre-engorda.

Ira. Sesión. Colecta de reproductores y aclimatación.

Actividades.

Colecta: En mareas bajas previamente seleccionadas, se colectaron 300 almejas *M. campechiensis* en Isla Arena, de entre 32 - 60 mm de longitud.

Se seleccionaron bancos con un gran número de organismos. Se evitó coleccionar organismos que presentaran deformaciones, agujeros en la concha o infestaciones de esponjas.

Aclimatación. Los reproductores se colocaron en tanques de 1m³ de capacidad, con flujo y aireación constante. Los reproductores colectados, se encontraban en el periodo óptimo de madurez para llevar a cabo la reproducción, sin embargo se aclimataron por un periodo de 24-48 horas. La temperatura se mantuvo a 24 °C.

2da Sesión. Inducción a la reproducción y obtención de gametos.

Actividades.

Inducción a la reproducción. Después del concluido el periodo de aclimatación, se extrajeron los reproductores de los tanques. Se eliminó por completo cualquier tipo de organismos que se encontraran adheridos a las conchas de los reproductores. Una vez limpios, se colocaron en los tanques negros tipo raceway con agua filtrada y aireación constante. Los organismos se distribuyeron de manera homogénea a lo largo de los tanques, evitando que estuvieran acumulados. Para la inducción al desove se utilizaron 3 diferentes métodos.

Inducción por shock térmico Teniendo a los reproductores en los tanques, se colocó agua a una temperatura de 20-22°C por un periodo de 30 minutos. Una vez que las almejas empezaron a sifonear, la temperatura se incrementó gradualmente hasta alcanzar los 26-28°C y se mantuvo esta temperatura por un periodo de 30 min. Se realizaron varios ciclos de cambios de temperatura, hasta que los organismos empezaron a desovar. Los organismos desovaron durante el primer y segundo aumento de temperatura. Cuando los organismos empezaban a desovar, se retiraban del tanque y se colocaban en contenedores individuales de 1L de capacidad con agua de mar filtrada. Una vez que el organismo dejaba de desovar, este se extraía del contenedor individual. El agua del contenedor se tamizaba, se identificaba el sexo y los gametos limpios se colocaban en vasos de precipitado.

Uso de fitoplancton. Teniendo a los reproductores en los tanques, se colocó microalgas en el agua, a concentraciones de 2-2.5 millones de células/mL, con temperaturas de entre los 18 - 20°C por un periodo de 5 horas. Cuando los organismos empezaban a desovar, se retiraban del tanque y se colocaban en contenedores individuales de 1L de capacidad con agua de mar filtrada. Cuando el organismo dejaba de desovar se extraía del contenedor y se colocaba en vasos de precipitado de 1 L. El agua del contenedor se tamizaba, se identificaba el sexo y los gametos limpios se colocaban en vasos de precipitado.

Stripping. Los organismos que no respondieron al estímulo de temperatura y microalgas se desovaron utilizando la raspado de gónada o Stripping, el cual consiste en el raspado de tejido gonádico.

El organismo se abre cuidadosamente cortando los músculos abductores, una vez identificada la gónada, se corta por la mitad y se extrae el tejido gonádico. Se tomó una muestra del tejido gonádico para identificar el sexo del organismo, una vez identificado se extrajeron todos los gametos, se tamizaron y se colocaron en vasos de precipitado.

Obtención de gametos. Se determinó la cantidad de espermatozoides y de óvulos que se obtuvieron en el desove. Para este efecto se tomó una alícuota del total de estos, la cual se diluyó con agua filtrada (1:10). Los ovocitos se contaron utilizando una

cámara Sedgewick-Rafter mientras que el esperma se contó utilizando una cámara Wagman.

Posteriormente se realizaron los cálculos para tener la proporción adecuada de espermatozoide-óvulo para la fertilización. Los ovocitos se colocaron en una cubeta de 20 L con agua de mar filtrada, se le agregó la cantidad necesaria de espermatozoides (razón ovocito:espermatozoide 1:10) y se dejó reposar por 30 minutos.

Después de éste tiempo, se tomó una alícuota y se observó al microscopio, determinándose el % de fertilización. El agua de la cubeta con los ovocitos fertilizados se tamizó con una malla de 40 micras para eliminar el esperma sobrante.

3ra. Sesión. Manejo de Larvas.

Actividades.

Una vez que los ovocitos fueron fertilizados, estos se colocaron en contenedores cónicos de 500 L de capacidad con agua filtrada a una densidad de 5 larvas/mL. Se dejó reposar por 24 horas, sin aireación ni alimento. Después de 24 horas, se drenó el tanque utilizando tamiz con luz de malla de 40µm y se colocaron las larvas en un contenedor de 4 L. Se tomó una alícuota, se observó, contó al microscopio y se determinó el estadio larvario.

Las larvas se colocaron nuevamente en los contenedores con agua limpia, se agregó oxígeno (burbujas pequeñas) con una piedra difusora que estaba suspendida a 15 centímetros del fondo y se alimentó siguiendo las tablas de alimentación. (Anexo I)

Después de 2 días, los contenedores fueron drenados nuevamente, se limpiaron y se llenaron con agua de mar filtrada limpia. Las larvas se recolectaron en contenedores de 4 L donde se tamizaron con agua filtrada y se determinó la mortalidad de larvas por contenedor. Posteriormente las larvas se colocaron en los contenedores y se agregó aireación y alimento constante.

Las larvas fueron monitoreadas diariamente, determinando los tiempos de cada estadio larval. Durante el periodo larvario y hasta el asentamiento, se mantuvo una buena calidad de agua con el fin de evitar enfermedades en las larvas.

RESULTADOS

Primera Etapa

Diseño de un sistema de recirculación.

Se diseñó un sistema de recirculación, el cual se basó principalmente en los requerimientos específicos de la almeja *Mercenaria mercenaria*. (Kraeuter N y Castagna M., 2001). El sistema se construyó en un periodo de tres semanas, una vez armado, se puso a funcionar por un mes, con el fin de detectar fallas de diseño o fugas de agua en las unidades de surgencia y para que el biofiltro pudiera activarse. (Figura 9).



Figura 9. Prototipo del sistema de recirculación diseñado para el cultivo de *M. mercenaria*.

Después de este periodo, se programó el enfriador de agua para mantener una temperatura constante de 18⁰C. Se colocaron piedras difusoras en el tanque de compensación y se regularon las tasas de flujo de cada unidad de surgencia para tener 2 L/min. La salinidad se mantuvo a 24 ppm utilizando agua dulce, esto debido a que las semillas se recibieron con condiciones específicas de 16⁰C de temperatura y 24 ppm de salinidad. (Figura 10)



Figura 10. Unidades de surgencia del sistema de recirculación para el cultivo de *M. mercenaria*.

Una vez que el sistema estaba listo para operar, las semillas de *M. mercenaria* se aclimataron por un periodo aproximado de 5 horas. Posteriormente se pesaron, contaron y se colocaron en cada tubo a una densidad de 0.051 g/m^2 (Figura 11)

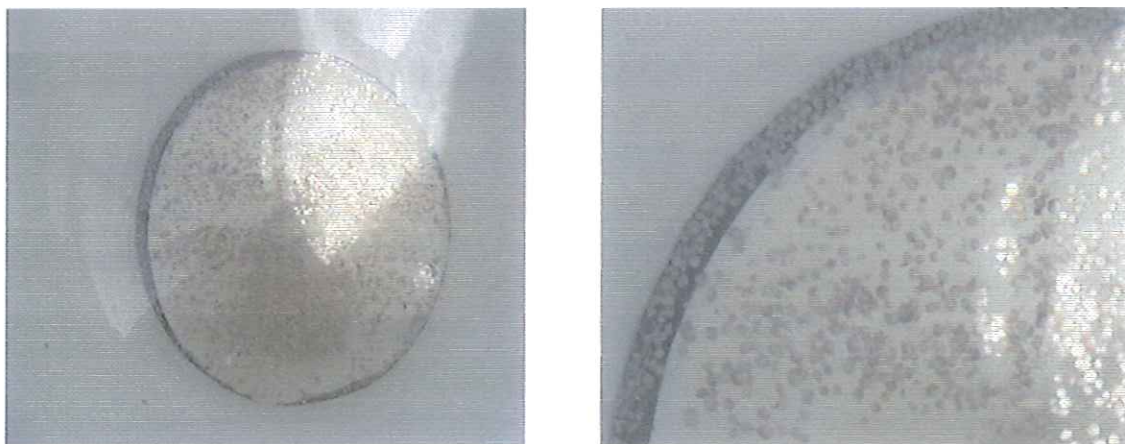


Figura 11. Semillas de *M. mercenaria* en el sistema de recirculación.

Calidad de agua

A lo largo del experimento, los parámetros de calidad de agua se encontraron dentro de los límites establecidos para el cultivo de *M. mercenaria*. La temperatura promedio registrada en el sistema fue de $19.12 \pm 1.72^{\circ}\text{C}$. Los primeros quince días del experimento, se presentaron fluctuaciones de entre los 17 y 22°C debido a una falla del enfriador de agua. Después del 16^{vo} día, la temperatura se estabilizó en 18°C . La salinidad registro un promedio de 24.46 ± 0.56 ppt. El pH y el oxígeno disuelto mantuvieron valores constantes de 8.04 ± 0.08 y 6.44 ± 0.30 mg/L respectivamente (Figura 12). El NAT y $\text{NO}_2\text{-N}$ presentaron valores de 0 mg/L a lo largo del experimento.

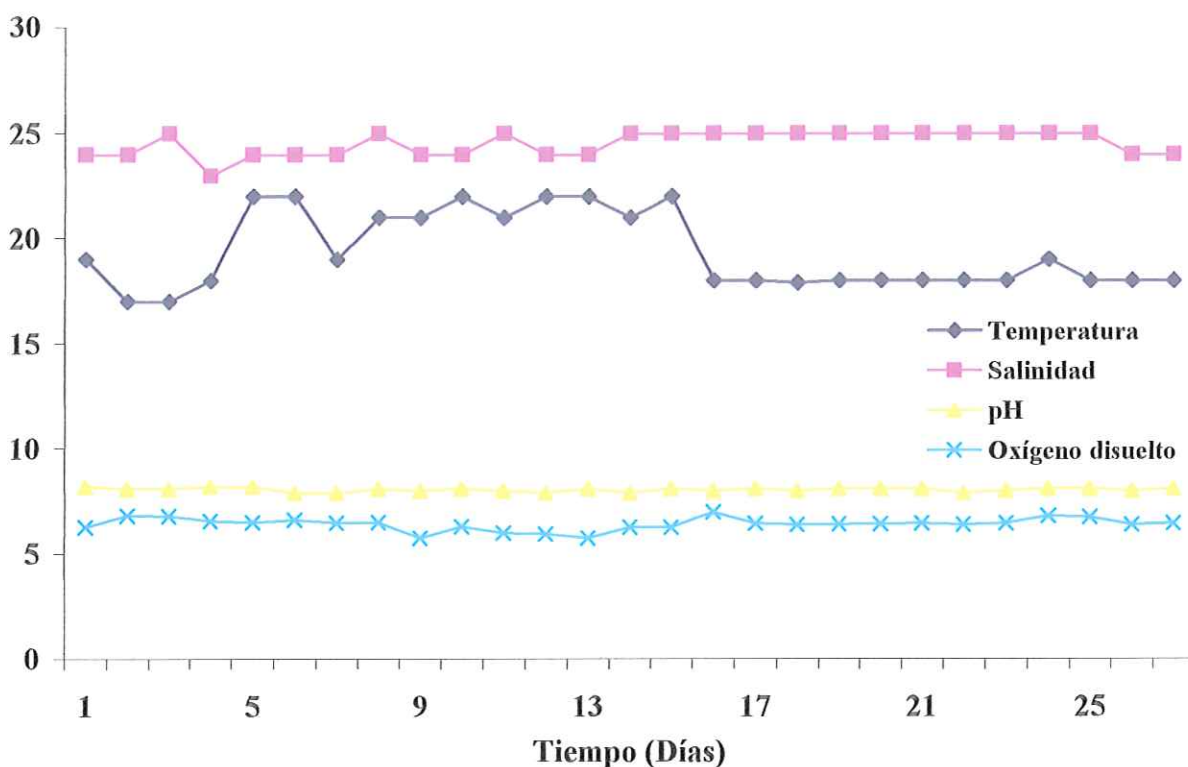


Figura 12. Parámetros fisicoquímicos reportados en el sistema de recirculación para el cultivo de *M. mercenaria*. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Salinidad (ppm), pH mg/L, Oxígeno disuelto mg/L.

Se realizaron 7 periodos de muestreo de cuatro días cada uno, en donde se midió y determinó la mortalidad de las semillas en cada una de las cuatro secciones. Los periodos 1,2,3,4, registraron valores máximos en el incremento de la longitud de las semillas de 0.4734 ± 0.3669 mm, 0.2995 ± 0.2752 mm, 0.2745 ± 0.2156 mm y 0.3065 ± 0.0380 mm respectivamente. En este periodo la temperatura promedio fue de 19.5°C . Los periodos 5,6,7 registraron incrementos de longitud de 0.1242 ± 0.975 mm, 0.1556 ± 0.1906 mm y 0.1681 ± 0.1671 mm respectivamente. La temperatura promedio en los últimos tres periodos fue de 18°C . Se encontraron diferencias significativas en los periodos 1,2,3,6 y 7 siendo las secciones I y III, las que mostraron valores máximos de crecimiento ($P < 0.0001$) (Figura 13).

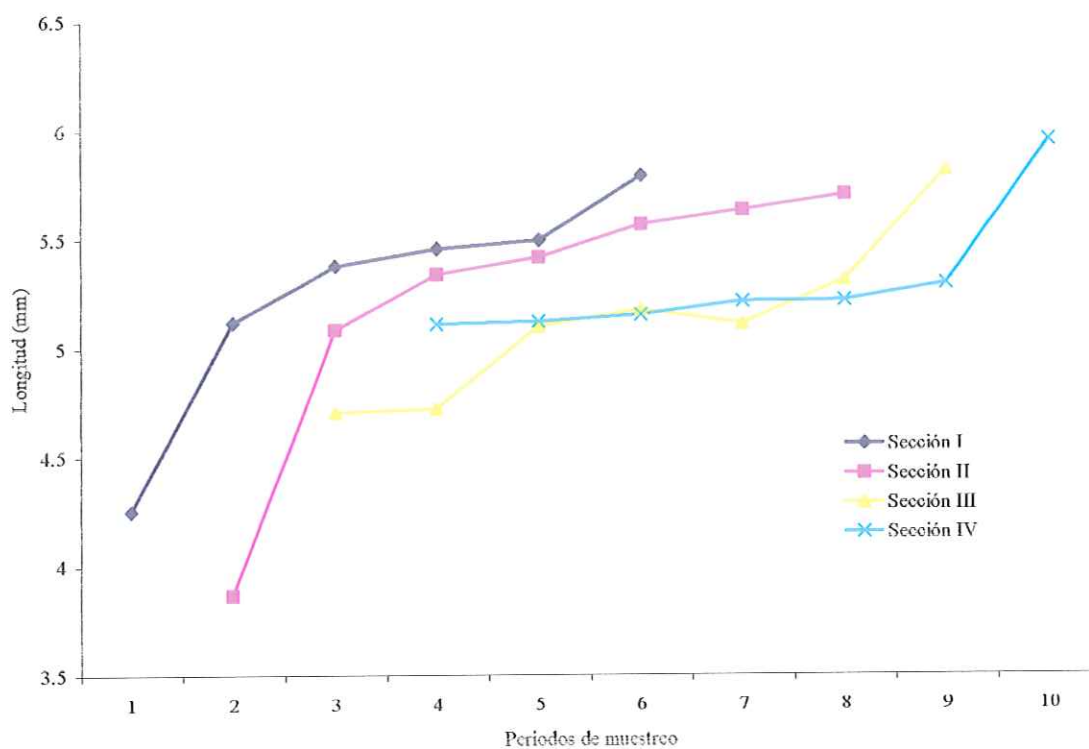


Figura 13 Crecimiento de las semillas (mm) registrados en los diferentes periodos de muestreo en el sistema de recirculación.

Al final del experimento, las semillas alcanzaron una longitud de 7.19 ± 0.8224 mm, encontrándose diferencias significativas entre el primer y el último día de muestreo ($P < 0.0001$). Se registró una tasa de crecimiento diaria y un incremento en el % de peso húmedo de 0.1470 mm/día, y 19.42% respectivamente.

Las tasas de crecimiento diarias, al igual que el % de peso húmedo ganado para cada sección se muestran en la Tabla 1. Se encontraron diferencias significativas entre las secciones I, III y II, IV, en donde las tasas de crecimiento máximas se presentaron en las secciones I y III. ($P < 0.0001$). Para el tamaño final se encontraron diferencias significativas entre las secciones, siendo la sección I la que mostró valores máximos de tamaño final. ($P < 0.0001$)

Tabla 1.- Promedios finales de tamaño (mm) y tasas de crecimiento de las diferentes secciones del sistema de recirculación para el cultivo de *M. mercenaria*. Donde los superíndices a,b,c indican que hay diferencias entre los tratamientos.

Sección (tubos)	Tamaño inicial (mm)	Tamaño final (mm)	Tiempo (días)	Tasa de crecimiento (mm/día)	Peso húmedo Ganado (%)
I (1,2,3)	2.93 ± 0.079	5.80 ± 0.079^a	27	0.1320^a	19.07
II (4,5,6)	2.43 ± 0.074	5.13 ± 0.074^b	27	0.1002^b	17.90
III (7,8,9)	1.92 ± 0.090	4.98 ± 0.090^c	27	0.1133^a	22.51
IV(10,11,12)	2.97 ± 0.078	5.18 ± 0.078^b	27	0.0819^b	18.20
					x= 19.42

La densidad inicial de semillas de la almeja *M. mercenaria* utilizada en el sistema fue de 47,779 semillas/m², con un total de 29,649 semillas, de las cuales, 1374 murieron a lo largo del experimento. La mortalidad total estimada en el sistema fue de 4.69 %. Las secciones II y IV presentaron mayor número de organismos muertos, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre las secciones (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad total para cada sección del sistema de recirculación

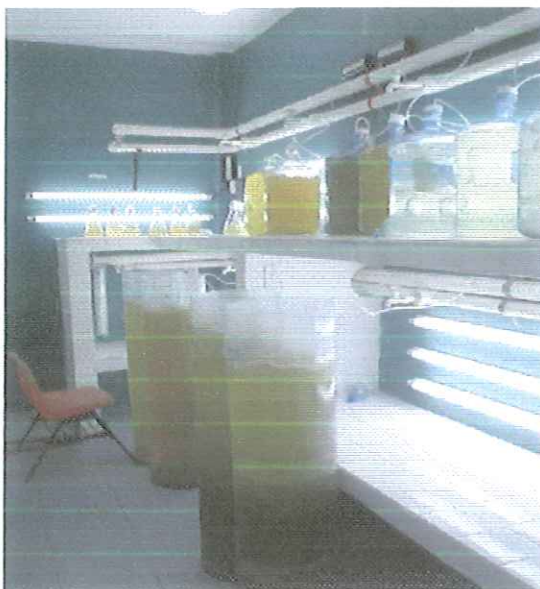
Sección	# organismos muertos	# total de organismos	Mortalidad (%)
I (1,2,3)	301	7272	1.71
II (4,5,6)	373	7306	1.18
III (7,8,9)	295	7289	1.17
IV(10,11,12)	374	7265	1.17
TOTAL	1343	29,132	4.69

Segunda Etapa

Transferencia tecnológica de la parte técnica.

En base a los requerimientos del usuario, se identificaron los puntos críticos a desarrollar determinándose 5 áreas de trabajo. En base a estas adaptaciones se llevo a cabo la evaluación y construcción del laboratorio.

1. Microalgas: El área de microalgas se dividió en 2 secciones. La sección de stock o cepario y la sección de cultivos masivos. El cepario contó con cultivos de microalgas a nivel de matraz, fernbach, y garrafones de 20 L. En ésta área se realizaron las actividades de inoculación y conteo de microalgas. El área de cultivos masivos contó con columnas de 200L (niveles terciarios). Se tuvo una buena producción de microalgas en el cepario, se alcanzaron concentraciones de hasta 8×10^6 cel/ml para garrafones de 20L, sin embargo para las columnas de 200 L sólo se pudieron mantener concentraciones de 2×10^6 cel/ml, esto debido a que el medio F/2 utilizado no era el adecuado, por lo que hacia que las columnas se volvieran mucho más inestables. (Figura 14).



1



2

Figura 14. Laboratorio de producción de moluscos bivalvos en el ITMAR, área de microalgas: 1) cepario, 2) cultivos masivos.

2. Maduración: Para el área de maduración se contó con dos tanques de fibra de vidrio de 10 m³ de capacidad, los cuales contaban con una tasa de flujo de 5 L/min y aireación continua. Debido a que los tanques se encontraban en la intemperie, los cambios de temperatura eran muy drásticos, lo cual provocó que muchos de los organismos desovaran naturalmente, sin tener que inducirlos con algún método artificial.(Figura 15).



Figura 15. Laboratorio de producción de moluscos bivalvos en el ITMAR, área de maduración.

3. Reproducción: En el área de reproducción se colocaron dos tanques tipo raceway negros de fibra de vidrio con 0.5 m³ de capacidad. Cada tanque contaba con una toma de agua filtrada y aireación. Los organismos que no habían desovado en los tanques de maduración, se sometieron a inducción por shock térmico y presencia de fitoplancton.

Muchos de los organismos desovaron en el primer ciclo de cambio de temperatura, para los organismos que no respondieron al estímulo de shock térmico, se tuvo que utilizar el método presencia de microalgas.(Figura 16).



Figura 16. Laboratorio de producción de moluscos bivalvos en el ITMAR, área de reproducción.

4. Mantenimiento y manejo de larvas: Esta área contó con 6 tanques blancos cónicos con capacidad de 500 L, cada uno tenía una toma de agua filtrada y aireación por medio de una piedra difusora. Cada tanque estaba tapado por la parte superior para prevenir contaminación. En la parte inferior del tanque se encontraba una llave bola que drenaba el sistema (Figura 17).



Figura 17. Laboratorio de producción de moluscos bivalvos en el ITMAR, área de mantenimiento y manejo de larvas.

5. Pre-engorda: El área constó de 3 sistemas con flujo continuo. Cada sistema estaba compuesto por 5 tanques cuadrados de fondo plano de fibra de vidrio de 1m^3 de capacidad, con una tasa de flujo de 3 L/min, En cada tanque se colocaron cuatro cubetas de 20 L de capacidad. No se llevó a cabo actividades en ésta área, ya que solo se dejaron los sistemas listos para operar en cuanto se tuviera la producción de semillas en el laboratorio. (Figura 18).



Figura 18. Laboratorio de producción de moluscos bivalvos en el ITMAR, área de pre-engorda.

Transferencia tecnológica de la parte biológica.

La transferencia tecnológica de la parte biológica se llevó a cabo en las instalaciones del ITMAR extensión Champotón. Esta consistió en un curso de capacitación teórico-práctico. Utilizando material visual tipo diapositivas, la parte teórica se llevó a cabo en 4 sesiones de 4-5 horas, en donde se revisaron las generalidades y protocolos necesarios para poder llevar a cabo el cultivo de la almeja *Mercenaria spp.*

La parte práctica consistió en 3 sesiones de laboratorio en donde los alumnos se familiarizaron y conocieron las características generales de la almeja *M. campechiensis*. En estas sesiones se analizó la fisiología externa e interna del organismo. Los alumnos identificaron las características principales que presentaba la especie. También se identificaron el aparato reproductivo, aparato digestivo, aparato respiratorio y el sistema muscular. Utilizando un microscopio compuesto, se identificó el sexo de los organismos

y se determinaron las características principales que presentan los gametos (ovocitos y espermatozoides), para este efecto, se desovaron aproximadamente 10 reproductores por el método de stripping.

DISCUSIONES

Para este experimento se diseñó, construyó y evaluó un sistema de recirculación, el primero en su tipo, el cual consistió en 12 unidades de surgencia (0.304 m de diámetro y 0.6 m de altura), con un biofiltro de 0.07m^3 y una tasa de flujo de 2L/min y una densidad de 47,779 semillas/ m^2 . El sistema se realizó con el fin de brindar condiciones más estables de calidad de agua para el cultivo de *M. mercenaria*, basándose principalmente en los requerimientos específicos de esta especie; temperatura, pH, oxígeno, nutrientes, densidad, tasas de crecimiento, porcentajes de mortalidad, raciones de alimento, enfermedades entre otras.

En el diseño de un sistema de recirculación deben de tomarse en cuenta dos diferentes tipos de perspectivas; la de ingeniería de sistemas y la de la económica. Esto se debe a que el crecimiento de la almeja en un sistema cerrado va a estar directamente relacionado a su manejo. Factores físicos tales como la temperatura del agua, la salinidad, la tasa de flujo, la densidad y la cantidad de alimento disponible entre otros, cobran una importancia mayúscula en el desempeño del sistema como unidad de producción (Ansell, 1968; Thoman *et al.*, 2001). En este estudio, se presentaron fluctuaciones de temperatura en el rango de $16\text{-}22^{\circ}\text{C}$, lo que muy probablemente afectó la tasa de crecimiento de las semillas. El crecimiento máximo se reportó cuando la temperatura promedio en el sistema fue de $19.12\pm 1.72^{\circ}\text{C}$, en donde se registró un incremento en longitud de hasta 0.2049 mm/día . La temperatura óptima para el crecimiento máximo de *M. mercenaria* es de 20°C y se interrumpe a temperaturas menores de 9°C y mayores de 31°C (Ansell, 1968; Summerson *et al.*, 1995). El crecimiento de semillas ($>3.00\text{ mm}$) se ve afectado cuando la temperatura excede los rangos de $28\text{-}29^{\circ}\text{C}$. (Hadley y Manzi, 1984). La salinidad óptima reportada para el crecimiento de la almeja dura esta entre los 26 y 27 ppt. (Rice y Pechnik, 1992 *et al*; Crenshaw, 1996). El rango de salinidad promedio obtenida en el sistema fue de $24.46\pm 0.56\text{ ppt}$. Las fluctuaciones en la salinidad no tuvieron una gran influencia en las tasas de crecimiento, ya que como mencionan esta solo afectará el crecimiento si se encuentra por debajo de 20ppt (Castagna y Kraeuter, 1981; Grizzle *et al.*, 2001)

La cantidad de alimento disponible, es otro factor clave para el cultivo de bivalvos (Lora-Vilchis *et al.*, 2004). Particularmente para *Mercenaria mercenaria* se recomienda una dieta mixta de *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis*, 50/50. Coutteau *et al.* (1994) encontró que el régimen de alimentación óptima para juveniles de *M. mercenaria* era de entre 1.5-2% de microalgas peso seco/peso húmedo por día, lo que es equivalente a 100-130 células/ μ L. En base a lo anterior, el alimento que se suministroo en el sistema (40 células/ μ L) estuvo por debajo de los valores recomendados. Utilizando las cantidades recomendadas de alimento, es probable que el incremento en longitud y peso del organismo pueda ser mayor a los valores obtenidos en este experimento.

Desde el punto de vista de la ingeniería de sistemas, en el uso de la tecnología de recirculación para el cultivo intensivo de la almeja dura, la cantidad de nitrógeno amoniacal total producido por los organismos es un factor muy importante ya que limita la capacidad del sistema, debido a que los niveles altos de NAT provocan la muerte del organismo (Timmons *et al.*, 2002). Los niveles tóxicos de amonio son extremadamente variables y dependen principalmente de la especie que se esta cultivando. Srna y Baggaley, (1976), mencionan que la tasa de NAT excretado por individuo de *M. mercenaria* (>3.00mm) durante un periodo de 24 horas, a una temperatura de 20⁰C y un rango de pH de 7.7 a 8.2 es de 0.052-0.78 mg NH₄-N. Rusch, (1999), menciona que el rango diario de producción NAT por gramo de almeja es de 89.4 μ g NH₄-N día⁻¹ para semillas de ≥ 3.00 mm de longitud. La excreción de amonio puede estar afectada no solamente por el tamaño del organismo, sino también por su estado físico. Por otro lado, la descomposición del nitrógeno orgánico por bacterias es otro factor que afecta la producción total de NAT. Un biofiltro relativamente pequeño (1m³), tiene la capacidad de mantener una gran carga de semillas (0.1-0.5 millones de semillas ≥ 3.00 mm de longitud) en un sistema de pre-engorda (Malone y Beecher, 2000). En este experimento, se utilizó un sistema de recirculación que contó con un biofiltro de esferas de polietileno de baja densidad con capacidad de 0.007m³, una tasa de flujo de 2 L/min y una densidad de 47,779 semillas/m². Los valores de producción de NAT fueron de 0 mg NH₄-N. comparado con lo que Hadley y Manzi, (1986) mencionan, se podría asegurar que nuestro sistema tiene una capacidad de carga mayor a la utilizada en el experimento, de al menos un 300%. Esto se debe a que el bioclarificador que se uso, es un reactor de medio

expandible o medio fluidizado que usa un medio relativamente pequeño (2-3 mm de diámetro) que se caracteriza por presentar un área por unidad de volumen extremadamente alta (1150-1475 m²/m³). Esta relación área-volumen característica de este tipo de biofiltros tiene dos efectos directos en la unidad de producción: aumenta la capacidad de carga del sistema y a la vez disminuye los costos de nitrificación por unidad de tratamiento (Greiner y Timmons, 1998; Malone y Beecher, 2000).

Los resultados obtenidos en este estudio, indican que la implementación de tecnología de sistemas cerrados puede proveer un incremento considerable en la densidad de semillas de almejas, comparado con las densidades utilizadas para cultivos en raceways y sistemas de flujo continuo. Estudios recientes de la Universidad de Georgia área de moluscos, muestran que los cultivos de *M. mercenaria* utilizando sistemas de surgencia con flujos continuos obtuvieron un incremento de longitud de 0.022mm/día (Walter, *et al*;1997). Sin embargo en esos sistemas las densidades utilizadas eran mucho más bajas (0.0028 g/cm²) que las utilizadas en este experimento. En nuestro sistema, el incremento diario fue de 0.1185 mm/día utilizando densidades de 0.051 g/cm². Rusch, (2003), realizó un cultivo de *M. mercenaria* en un sistema de recirculación. El sistema consistía en 6 unidades de surgencia (0.05 m de diámetro y 0.76 m de altura), con un biofiltro de 0.03m³, un chiller de 0-1 hp y una tasa de flujo de 40 Lpm. Utilizando densidades más altas (5.5 g de semillas/cm²) que las utilizadas en este experimento. Las almejas se alimentaron con una dieta mixta de *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros sp* (50-50) a una ración de 2% de peso húmedo (130-150 cel /μL) y reporto una tasa de crecimiento de 0.06 mm/día, la cual es mucho menor que la reportada en este estudio.

Las limitaciones en el crecimiento de las semillas de almeja en altas densidades (0.01 g/cm²) en un sistema de surgencia pueden ser consecuencia de no contar con un flujo de agua homogéneo a lo largo y ancho de la columna de agua. Existe una relación directa entre la tasa de crecimiento y la posición del tanque con respecto a la entrada de agua. Manzi y Hadley, (1986), notaron que existía un decremento en la tasa de crecimiento de las almejas conforme la distancia en la que se encontraban de la entrada de agua. Manzi *et al* (1986), encontró que existía una relación directa entre las densidades, las tasas de flujo, la posición del contenedor y el crecimiento de las almejas cultivadas en sistemas de surgencia utilizando flujo continuo. En este experimento se

observó una relación similar, las secciones I y III que se encontraban a lado del tanque de compensación del sistema, reportaron valores de crecimiento significativamente mas altos que los de las secciones II y IV (Figura 4) El incremento semanal para las secciones I y II fueron de 0.8519 y 0.8792 mm/semana respectivamente. Mientras que para las secciones II y IV, el incremento semanal fue de 0.7014 y 0.5733 mm/semana respectivamente. Esto se puede atribuir a que las secciones I y III que se encontraban justo a lado del tanque de compensación, contaran con un flujo homogéneo a lo largo de la columna de agua, lo que permitía tener una mayor disponibilidad de alimento. Con base en lo anterior, es necesario modificar el diseño del sistema de recirculación, ya sea acomodando las secciones de tal manera que la distribución del agua sea homogénea, o bien calibrando las tasas de flujo de cada sección utilizando un flujómetro. La tasa de flujo juega un importante papel en la tasa de crecimiento, por ejemplo, en ostiones juveniles *Crassostrea virginica* cultivados en un lecho fluidizado en forma de surgencia, estos presentaron una tasa de crecimiento exponencial debido a que hay una distribución más homogénea del alimento, además de que las heces y otros materiales particulados son removidos eficientemente por el agua a lo largo de la columna (Ver y Wang, 1995). Por otro lado, los valores del crecimiento en semillas de 3.9 mm de longitud reportado en sistemas tipo raceway, indican una relación directa entre la tasa de flujo (Lpm/gsemilla) y el crecimiento, en rangos de densidad de 740 hasta 19,980 semillas/m² (Hadley y Manzi, 1984). Esto indica que la densidad es un factor limitante y que la tasa de flujo necesaria para mantener un máximo crecimiento en este tipo de sistemas es de 8-9 Lpm/L. En este experimento, el cultivo de semilla de *M. mercenaria* se realizó en un sistema de recirculación, el cual contó con tasas de flujo de 0.5 L/min y un biofiltro de esferas de polietileno de baja densidad, y una densidad de 47,779 semillas/m² lo que permitió el incremento de hasta 2 o 3 veces más en las densidades que las reportadas por Hadley y Manzi, (1984). El cultivo de semillas en altas densidades se puede llevar a cabo en sistemas de recirculación con condiciones controladas. Para esto se debe de contar con un sistema el cual sea capaz de mantener flujos de agua adecuados para poder tener valores máximos en el crecimiento de las semillas (Ver y Wang, 1995; Pfeiffer *et al.*, 1999).

El método más económico para el cultivo de almejas es el cultivo extensivo en condiciones de densidades controladas, ya que conforme los organismos van creciendo,

el espacio y el alimento incrementan exponencialmente (Kraeuter N y Castagna M., 2001). La mayoría de las técnicas de crecimiento en el cultivo comercial de almeja dura requieren de una talla inicial mínima (8-10 mm) (Kraeuter N y Castagna M., 2001).

Los laboratorios de producción larval y pre-engorda serían la solución para poder abastecer de semillas a las granjas de cultivos de almeja. Además de que al estar bajo condiciones controladas tienen altas tasas de sobrevivencia y un mayor crecimiento. Por consiguiente, un laboratorio de pre-engorda es sería esencial para el cultivo de bivalvos.

Al contar con un laboratorio propio de producción de semillas, se simplifican diversos pasos al proceso de producción de *Mercenaria spp.* Se elimina la dependencia de semilla que en este caso, tendría que ser comprada y transportada desde diversos estados de USA. Si se cuenta con un grupo de reproductores, el acondicionamiento se puede llevar a cabo en diferentes periodos del año a fin de planear por anticipado la demanda de semilla, y a la vez establecer metas de producción de almejas en sus diferentes rangos de tallas desde pre-engorda hasta la talla comercial. Aun cuando en un principio, la producción de semilla puede resultar costosa, a largo plazo resulta la mejor opción ya que se puede disponer con semilla en cualquier época del año y en volúmenes controlados, lo que reduce el costo total de la producción.

Sin embargo en forma paralela al desarrollo de una tecnología debe de haber mecanismos de transferencia eficientes. En el caso particular del sistema desarrollado y su adaptación tecnológica es necesario evaluar el costo de producción asociado y hacer los ajustes necesarios para que estos puedan hacer que el productor ofrezca precios competitivos al ser capaz de disminuir los costos de producción. En la actualidad existen pocas operaciones comerciales que tengan sistemas de recirculación en operación. En el caso de laboratorios de producción de semillas de almeja, este es el primero es su tipo. A fin de llevar a cabo la transferencia fue necesario capacitar al los operadores y educar al personal administrativo del laboratorio de producción, labor que debe llevarse a cabo constantemente a fin de permanecer competitivos.

En la actualidad no existen referencias de cultivos comerciales de *Mercenaria campechiensis*, sin embargo se han realizado investigaciones sobre genética de ésta especie.(Heck K., Coen D., Wilson M., 2002) En el Estado de Campeche se ha tratado

de llevar a cabo la reproducción de la especie, sin tener resultados satisfactorios. (Carrillo, comunicación personal, 2004). En este proyecto, se logró desovar por primera vez a la *Mercenaria campechiensis* utilizando 2 diferentes métodos de inducción artificial: shock térmico y presencia de fitoplancton.

CONCLUSIONES

El uso de tecnología de sistemas de recirculación en laboratorios de producción, es una alternativa viable para el cultivo de almeja dura, ya que permite controlar variables fisico-químicas tales como temperatura, oxígeno disuelto, pH, NAT, nitritos y alcalinidad. Un mejor control de estos parámetros se va a ver reflejado en una mayor tasa de crecimiento y menor mortalidad, con el fin de tener un aumento en la productividad disminuyendo los costos de producción.

El cultivo de semillas de almeja a altas densidades se puede llevar a cabo utilizando sistemas de recirculación con condiciones controladas. Para esto se debe de contar con un sistema el cual sea capaz de mantener flujos de agua adecuados para poder tener valores máximos en el crecimiento de las semillas.

Para la inducción al desove de organismos de *Mercenaria campechiensis* los métodos que dieron mejor resultado fueron el shock térmico y la presencia de fitoplancton.

RECOMENDACIONES

Para la transferencia tecnológica, es necesario, diseñar la tecnología en base a las condiciones socio-económicas de la parte receptora,.

Para el sistema diseñado es necesario optimizar la remoción de sólidos.

En el sistema es necesario aumentar la tasa de flujo a fin de fluidizar las semillas de almeja,

Lo que permitirá por una parte distribuir homogéneamente las microalgas a lo ancho de toda la columna y optimizar la remoción de heces y sólidos.

Incrementar la densidad en el sistema de recirculación a por lo menos a un 300 % para determinar la capacidad de carga máxima del sistema.

REFERENCIAS:

- Adams H & Adams A., 1857. The Genera of Recent Mollusca. Vol II. John van Voost. London.
- Adams C., Blookland P., 1995. "Economic and financial consideration regarding the small-scale commercial culture of hard clam in the Cedar Key area of Florida" Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.
- Adams C., Blokland P., 1998. "Economic and financial considerations regarding the small-scale commercial culture of hard clam in Florida" Journal of Applied Aquaculture, Vol. 8, No. 1, 19-37.
- Appleyard C., Dealteris J., 2001 "Modeling Growth of the northern quahog, *Mercenaria mercenaria*. Journal of Shellfish Research, Vol. 20, No. 3, 1117-1125.
- Arnabar Gunam, Tomás, 1991. Champotón, Biografía de un Pueblo, Edición Gobierno del Estado.
- Carriker M.R., 1961. Interrelation of functional morphology, behavior, and autoecology in early stages of the bivalve *Mercenaria mercenaria*. Journal of Elisha Mitchell Science. Society.. Vol. 77, 168-241.
- Correa A.D., 2002. Calidad de agua en sistemas de recirculación con biofiltros para la producción intensiva de post-larvas de camarón *Litopenaeus vanammei*. Tesis para obtener el grado de Doctorado. Universidad de Pamplona España. 68 pp.
- Coutteau P., Hadley N., Manzi J., Sorgeloos P. 1994 "Effect of algal ration and substitution of algae by manipulates yeast diets on the growth of juvenile *Mercenaria mercenaria*. Aquaculture, 120 135-150.
- Crawford B., 1989. Field grow-out techniques and technology transfer for the Hard Clam *Mercenaria mercenaria*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Division Marketing. Florida 32399-0800.
- Crenshaw J.W., Heffnan P.B., Walker R.L., 1996. Effect of growout density on heritability of growth rate in the northern quahog, *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus 1785). Journal of Shellfish Research, Vol. 15, No. 2, 341-344.

- Dall H.W., 1872. Descriptions of sixty new forms of mollusks from the west coast of North America and the North Pacific Ocean, with notes on others already described. American journal of Conchology. Vol. 7, 93-169, Pl 16.
- Devillers N., Eversole A.G., Isley J. J., 1998. A Comparison of four growth models for evaluating growth of the northern quahog *Mercenaria mercenaria*. Journal of Shellfish Research, Vol. 17, No. 1, 191-194.
- Epifanio C.E., Srna R., Pruder G. 1975 “ Mariculture of Shellfish in controlled environments a prognosis. Aquaculture 5 227-241.
- FAO. “Fisheries and Agriculture Organization” 2001-2003. www.fao.org.
- Fernández E.M., Lin J., Scarpa J., 1999. Culture of *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus 1785): effects of density, predator exclusion device, and bag inversion. Journal of Shellfish Research, Vol. 18, No.1, 77-83.
- Florida Marine Research 2003. www.floridamarine.org.
- Frizzel D.L., 1936. Preliminary reclassification of veneracean pelecypods. Bulletin du Musée Royal d'Histoire naturelle de Belgique. Vol. 5, 1-84.
- Gabb W.M., 1860. Descriptions of new species of America Tertiary and Cretaceous fossil. Journal of the Academy of Natural Sciences at Philadelphia, Series 2, 4: 375-406.
- Gmelin J.F., 1791. Caroli a Linne. Systema Nature, 8th ed.
- Greiner A.D., Timmons, M.B., 1998. Evaluation of the nitrification rates of microbead and trickling filters in an intensive recirculating tilapia production facility. Vol 18, 189-200.
- Grizzle. R.E., Bricelj, V.M., Shumway, S.E., 2001. Physiological ecology of *Mercenaria mercenaria*. En Biology of Hard Clam, Kaeuter, J.N. y Castagna, M. Editores,.Elsevier Nueva York pp 305-371
- Hadley N., Manzi J., 1984 “ Growth of seed clams, *Mercenaria mercenaria* at various densities in a commercial scale nursery system” Aquaculture. Vol. 36, 369-378.
- Heck K., Coen D., Wilson M., 2002 “Growth of Northern *Mercenaria mercenaria* (L.) and Southern *Mercenaria campechiensis* (Gmelin) quahogs: influence of

- seagrasses and latitude. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 21, No. 2, 635-642.
- Heppel D., 1961. The Naturalization in Europe of the quahog *Mercenaria mercenaria* (1). *Journal of Conchology* Vol. 25, No. 1, 21-34.
- Iverson E.S., 1968. *Farming the Edge of the Sea*. Fishing News (Books), Lond, 301 pp.
- Kraeuter N & Castagna M., 2001. *Biology of the hard clam*. Elsevier. New York. 751 pp.
- Landry T., Sephton W., Jones A.D. 1993 " Growth and mortality of northern quahog, (Linnaeus, 1758) *Mercenaria mercenaria* in prince Edward Island. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 12, No. 2, 321-327.
- Linnaeus C. 1758. *Sistema Naturae*. 10th ed. I. Salvius, 824 pp.
- Lora-Vilchis, M.C., Robles-Mungaray, M., Doctor, N., Voltolina, D., 2004 Food value of four microalgae for juveniles of the lion's paw scallop *Lyropecten subnudosus* (Sowerby, 1833). *Journal of the World Aquaculture Society* Vol. 35, No. 2, 297-303.
- Loosanoff V.L., 1937. Seasonal gonadal changes of adult clams, *Venus mercenaria*. *Biol. Bull.*, Vol 12, 406-416
- Lorio W., Malone S., 1995. *Biology and culture of the Northern quahog clam*. Southern Regional Aquaculture Center No. 433.
- Malinowski S., 1988. "Variable growth rates of seed clams *Mercenaria mercenaria* in an upflow nursery system and the economics of culling slow growing animals. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 7, No. 3, 359-365.
- Malinowski S., Siddall S., 1989 " Passive water reuse in a commercial-scale Hard Clam, *Mercenaria mercenaria*, upflow nursery system. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 8, No. 1, 241-248.
- Malone, R.F., Beecher, L.E., 2000. Use of floating bead filters to recondition recirculating waters in warmwater aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering*. Vol. 22, 57-73.
- Manzi J., Hadley N.H., Battey C., Haggerty R., Hamilton R., Carter M., 1984 "Culture of the northern hard clam *Mercenaria mercenaria* (Linné) in a

- commercial-scale, upflow, nursery system. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 4, No. 2, 119-124.
- Neumayr M., 1883. Zur Morphologie des Bivalveschlosses. *Akademie der Wissenschaften Wien. Sitzungsberichte*. Vol. 88, No 1, 385-418.
- Palmer K.V.W., 1927. The Veneridae of Eastern America: Cenozoic and Recent. *Palaeontographica Americana*. Vol. 1 No. 5, 209-522, 76 Pls.
- Pfeiffer T.J., Lawson T.B., Rusch K.A., 1999. Northern quahog *Mercenaria mercenaria*, seed clam waste characterization study: precursor to a recirculating culture system dising. *Aquacultural Engineering*. Vol. 20, 149-161.
- Pfeiffer T.J., Rusch K.A., 2001. Comparison of three culture methods for the intensive culture of Northern quahog seed, *Mercenaria mercenaria*. *Journal of the world aquaculture society*. Vol 32, No. 1. 1120
- Rafinesque C.S.. 1815. *Analyse de la Nature*. Palermo, 225 pp.
- SAGARPA 2004. Anuario estadístico de pesca CONAPESCA
- Schumacher C.F.,. 1817. *Essai d'un nouveau systeme des habitations des Vers Testace*. Schultz, Copenhagen, 287 pp. 22Pl
- Srna R.F., Baggaley A., 1976. Rate of excretion of ammonia by the hard clam *Mercenaria mercenaria* and the American oyster *Crassostrea virginica*, *Marine Biology*. Vol. 36, 251-258.
- Summerson H.C., Peterson, C.H., Hooper, M., 1995. Aquacultural production of Northern quahogs *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758): high water temperatures in the nursery and growth penalties of predator control by gravel. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 14, No. 1, 25-31.
- Tebble N., 1966. *British Bivalve seashells*. Alden Press, London, 212 pp.
- Thoman, E.S., Ingall, E.D., Davis, D.A. Arnold, C.R., 2001. A nitrogen budget for a closed, recirculating mariculture system. *Aquacultural Engineering*, Vol. 24, 195-211.
- Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerfelt S.T., Vinci B.J., 2002. *Recirculating aquaculture systems 2^{da} Edición*. NRACP Publications 769 pp.

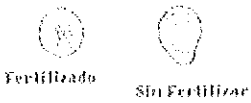


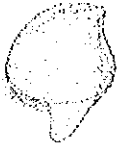

UNCAD 2003 “Protect on Strengthening Research and policy Making Capacity on trade and Environment in the Developing Counting”

Ver, L.M.B., Wang, J.K, 1995. Design criteria of a fluidized bed oyster nursery. Aquacultural Engineering. Vol. 14, No. 3, 229-249.

Waker L. Humphrey M., 1984 “Growth and survival of the northern hard clam *Mercenaria mercenaria* (Linné) from Georgia, Virginia, and Massachusetts in coastal waters of Georgia”. Journal of Shellfish Research, Vol. 4, No. 2, 125-129.

Waker L. Heffernan P., 1994 “Age, Growth rate and size of the southern surfclam, *Spisula solidissima similes* (Say, 1822)” Journal of Shellfish Research, Vol. 13. No. 2, 433-441.

ANEXO

ESTADIO	EDAD	TAMAÑO	DENSIDAD DE CULTIVO	COMIDA x 10 ³
<p>Huevo</p> 	0-24 horas	55 micras	100 / ml	Ninguna
	1-6 días	75-120 micras	10 /ml	30 cel/ ml 1 vez al día
	7-14 días	130- 200 micras	5-10 /ml	50 cel/ ml 2 veces al día
	14-21 días	200-300 micras	5 /ml	100 cel/ml 2 veces al día
	21 días	2-4 mm	-----	400 cel /ml 2 veces al día

Formato 1. . Estadios larvales, densidades de cultivo y cantidad de comida necesaria