

Diseño de un Sistema Sumergido para el Cultivo de Juveniles de *Strombus gigas* en Quintana Roo, México

DONALDO MARTÍNEZ, CLAUDIA PADILLA, y PEDRO CADENA
Instituto Nacional de la Pesca, CRIP
Puerto Morelos 77580, Quintana Roo, Mexico

RESUMEN

Se describe la problemática a enfrentar cuando se quiere manejar este organismo en sistemas de cultivo en el mar, así como las pruebas preliminares que llevaron a la obtención de un diseño de sistema sumergido para la engorda de juveniles de *S. gigas*. Se mencionan las ventajas que ofrece este diseño, así como una descripción detallada de su construcción, haciendo referencia a los resultados obtenidos en un período de prueba con prototipos a escala 1:5 de este diseño.

PALABRAS CLAVES: UPP, prototipo, eficiencia

Design of an Underwater System for the Culture of Juvenile *Strombus gigas* in Quintana Roo, México

One of the strategies that has been considered for the restoration of natural populations of the conch *Strombus gigas* denuded by fishing, is the production of seed stock for culturing in the laboratory. The purpose of this study is to determine the viability of the handling and growth of juveniles in the sea. Until now, this approach has received little attention, however, the successful mariculture of this species hinges on mastering the control of this phase. Therefore, this study proposes the design of an underwater system in the sea for raising juvenile *Strombus gigas*. The operational advantages of this approach and the factors that were considered in determining the design will be discussed such as: the behavior of juveniles in confinement, the strategies that predators use to gain access to these systems, the manipulation of the surface area and of the diets used in culturing, the load capacity of these culture systems as well as the selection of the appropriate habitats for that installation of this underwater system. Experiments were undertaken to determine the appropriate diets and substrates to be used as well as the optimal culture densities. Data will be shown with respect to the efficiencies obtained using a prototype of this system over a 90 day period in culture in the sea. In addition, the process of transfer of this technology to the fisheries cooperatives, using pilot production units (PPU) will be discussed in terms of their viability and efficiency.

KEY WORDS: Mariculture, conch, underwater design

INTRODUCCIÓN

Al explorar la posibilidad de realizar el cultivo y engorda del caracol juvenil en el ambiente natural, se enfrentan diferentes factores bióticos y abióticos que van a interferir directamente en esta actividad, como es el efecto de las corrientes, la acción de los depredadores y competidores, los fenómenos naturales como vientos del norte y huracanes frecuentes en esta localidad, etc., por lo que el diseño de los sistemas de cultivo deben cumplir al menos con tres atributos fundamentales.

- i) Ser eficiente en el control de depredadores.
- ii) Ofrecer la menor resistencia a la fuerza de la corriente del agua, y
- iii) Ser de fácil manejo y recuperación en caso de un evento climático.

PRUEBAS PRELIMINARES.

Para realizar estas pruebas de cultivo en el ambiente natural, se construyó una jaula de PVC en forma rectangular, con dimensiones de 3 X 6 m y 0.5 m de altura, forrada

con malla alquitranada, en donde se confinaron juveniles silvestres a una densidad de 15 org./m² (Figura 1).



Figura 1. Jaula de PVC para pruebas preliminares de engorda de juveniles.

El objetivo principal fue observar el comportamiento de los juveniles en cautiverio, enfocándonos en aspectos inherentes al propio cultivo como son:

- i) El aprovechamiento del alimento artificial, así como la posible pérdida del mismo por arrastre de la corriente, competidores y defectos del propio diseño.
- ii) La acción de los depredadores, su identificación y estrategias para introducirse a los sistemas, con el propósito de realizar las modificaciones necesarias en el diseño, así como la problemática que se podría presentar en el manejo del mismo.

De los resultados obtenidos en esta primera etapa, se pudo observar que la principal causa de mortalidad en el ambiente natural fue la depredación, identificándose como principales depredadores al cangrejo ermitaño *Pterochirus diógenes* y al pulpo *Octopus vulgaris*, los cuales emplean diferentes estrategias para introducirse a los sistemas de cultivo. En menor grado están los peces ballesta *Balistes vetula*, ya que éstos depredan a los caracoles cuando por algún defecto del diseño logran salirse de la jaula.

En cuanto a la estructura y diseño del sistema de cultivo, se observó que la jaula mostraba poca estabilidad, ofreciendo resistencia a la corriente por lo que tuvo que ser lastrada para evitar su movimiento.

Por otro lado, el espacio y el alimento no se aprovecharon íntegramente, debido al comportamiento de los caracoles de permanecer pegados a la pared de la jaula, quedando completamente vacía la parte central, en donde el alimento no es aprovechado y se pierde por arrastre de la corriente y consumo por pequeños peces.

En base a estos resultados, se corrigieron algunos defectos del diseño especialmente en cuanto al control de depredadores y estabilidad de la estructura, escalándose el sistema a 100 m² de superficie de cultivo.

Escalamiento del Sistema a 100 m²

Se construyó un corral con postes de madera de mangle y malla alquitranada de 100 m² con forma romboidal, cuya arista se orientó en dirección de la corriente predominante, para reducir la resistencia a la misma (Figura 2).

Para contrarrestar la acción de los depredadores se colocó una banda de red, en forma de falda, en la parte inferior del corral sobre la cual se colocaron blocks de construcción para sellarla perfectamente al fondo. La estructura sobresalía un metro de la superficie del agua para evitar la entrada de depredadores.



Figura 2. Corral en forma romboidal de 100 m².

Se confinaron organismos juveniles colectados del ambiente natural, cuyo intervalo de talla fue de 14 a 18 cm para su engorda en este sistema de cultivo. La densidad de siembra manejada fue de 20 org./m², con los siguientes resultados:

- i) El diseño del corral mostró ser muy estable, ya que ofreció poca resistencia a la corriente y al oleaje.
- ii) Las modificaciones realizadas hicieron de este corral un sistema eficiente en el control de depredadores.
- iii) Los inconvenientes que mostró este diseño para la engorda del caracol juvenil estuvieron asociados principalmente al comportamiento de los juveniles en confinamiento, ya que tienden a desplazarse pegados a la pared del corral, originando la acumulación de muchos organismos en las esquinas o aristas del mismo. Esto provoca un constante rompimiento del borde de la concha, el cual es muy frágil, y un bajo crecimiento de los juveniles, debido a que gran parte de su energía se utiliza en reparar su concha.
- iv) Por otro lado, el diseño del corral presentó el mismo problema que el de la jaula, ya que el espacio y el alimento no fue aprovechado adecuadamente, porque la parte central permaneció completamente vacía por la agregación de los caracoles en las esquinas y periferia del mismo.
- v) Al sobresalir el corral de la superficie del agua se dificultó el manejo y mantenimiento de los caracoles.
- vi) Otro inconveniente fue que al quedar expuesto el corral en la superficie incursionaban en él constantemente personas ajenas al proyecto, lo que obligó a una constante vigilancia del mismo.

DISEÑO DE UN SISTEMA SUMERGIDO PARA EL CULTIVO DE JUVENILES DE CARACOL ROSADO *STROMBUS GIGAS*.

UNIDAD DE PRODUCCIÓN PILOTO (UPP)

Con base en las experiencias obtenidas en estas pruebas sobre confinamiento y manejo de caracoles juveniles en el mar, se logró obtener un diseño de sistema de cultivo que permite el manejo y la engorda del caracol en el ambiente natural, considerados como Unidades de Producción Piloto (UPP)

Descripción del Sistema

El diseño de esta (UPP) consiste en una estructura modular de cuatro círculos concéntricos (Figura 3). La forma circular de este diseño pretende facilitar el desplazamiento de los caracoles sin que se lleguen a formar acumulaciones en esquinas, como se ha observado en los encierros cuadrados.

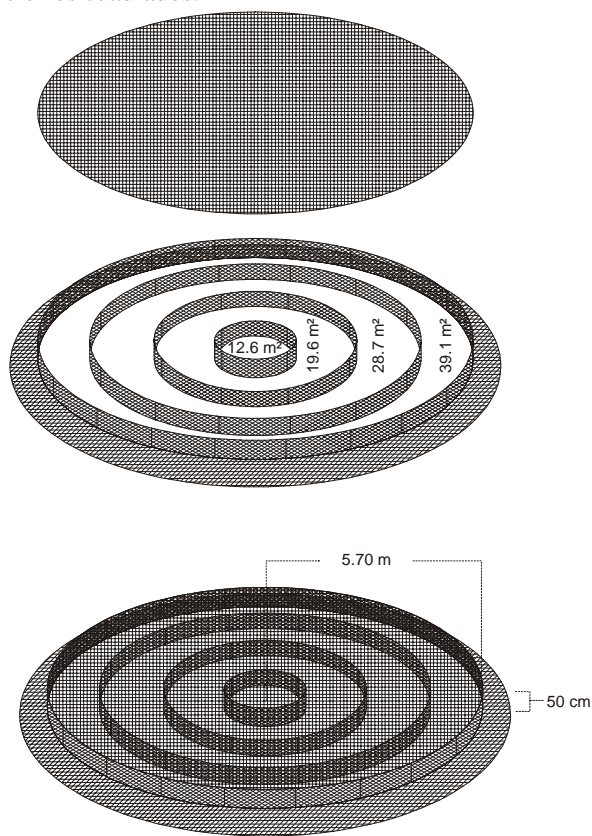


Figura 3. Diseño de Unidad de Producción Piloto (UPP) para engorda de juveniles de caracol rosado.

Los tres círculos interiores están pensados para un mejor aprovechamiento de la superficie de cultivo y del alimento artificial que se suministra a los organismos. De manera adicional, la disposición de estos círculos interiores nos permite el manejo de cuatro grupos de organismos de diferente tamaño o cohortes.

El círculo central está destinado para los organismos más pequeños, el cual debe ser forrado con malla de menor abertura para brindarles mayor protección. En los círculos subsecuentes, se manejarán juveniles de tallas mayores, y su tamaño ha sido diseñado con base en la densidad de cultivo que se piensa manejar en cada cohorte de tamaño.

De este modo, el diseño de la UPP implica un manejo o rotación de cohortes dentro del sistema, lo cual puede ser aprovechado para programar las cosechas durante el año. El corral está diseñado para manejar una capacidad de carga de 2,000 organismos, repartidos en 500 caracoles por círculo, estimando una densidad de cultivo por círculo de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1. Capacidad de carga por cohorte de tamaño estimada para la UPP.

Área de cultivo por círculo	Densidad de siembra	Estadio de desarrollo
1º círculo 12.6 m ²	40 org./m ²	1º estadio: 8-10 cm 500 juveniles
2º círculo 19.6 m ²	25.5 org./m ²	2º estadio: 11-14 cm 500 juveniles
3º círculo 28.7 m ²	17.5 org./m ²	3º estadio: 15-18 cm 500 juveniles
4º círculo 39.1 m ²	12.8 org./m ²	4º estadio: 18-20 cm 500 juveniles

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

Los materiales para construir la estructura de una UPP pueden ser muy versátiles, desde malla galvanizada recubierta de PVC, materiales de fácil obtención como tubería de PVC o varillas metálicas, hasta materiales rústicos como madera de la región.

Las dimensiones de construcción de una UPP son de 5.7 m de radio y 50 cm de altura, cubriendo así una superficie de cultivo de 100 m². Las paredes de cada uno de los círculos deberá ir cubierta con una red con una abertura de 1 pulgada de luz de malla. El círculo exterior dará la forma y soporte a la estructura, el cual deberá cubrirse para evitar la entrada de los depredadores, forrando la parte superior con malla de seda alquitranada, sostenida por varillas de madera colocadas en forma radial. La parte inferior del corral se protege mediante una franja de malla de seda alquitranada, a modo de falda; sobre la cual se colocan bolsas de arena para sellar el sistema perfectamente al fondo. Este lastre, además de impedir la entrada de depredadores, sirve para dar estabilidad y anclaje a la estructura.

La altura de 50 cm diseñada para este sistema está pensada en facilitar su manejo y mantenimiento, así como la observación de los organismos, ya que se puede tener acceso a todo el corral al poder nadar sobre él, esto permite poder suministrar el alimento artificial en cada círculo mediante una botella plástica con tapa perforada, reduciendo

do la pérdida del mismo por efecto de la corriente. Por otro lado, al estar sumergido ofrece poca resistencia al oleaje y no se encuentra a la vista de personas extrañas.

El peso y la forma de este diseño permite moverlo sin dificultad, facilitando la rotación de áreas, y pueden ser retirados del agua en caso de cualquier contingencia ambiental como huracanes ya que es una estructura modular que permite desmontar los círculos y manejarlos de forma independiente.

Manejo del Sistema y Cuidado de los Organismos

La engorda de juveniles en el mar puede iniciarse mediante dos estrategias de manejo, con semillas provenientes de un centro productor o con juveniles silvestres colectados del medio natural. En el primer caso, cuando se inicia la engorda con semilla proveniente de un centro de cultivo, se utiliza el primer modulo de la UPP que es el círculo más pequeño y se van agregando módulos conforme van creciendo los organismos y se van incorporando nuevas cohortes al sistema. A continuación se describe el manejo de este primer módulo de la UPP, que es la misma metodología que se emplea para la Unidad de Producción completa.

La estructura de este módulo puede fabricarse con cualquiera de los materiales descritos anteriormente, PVC, madera o varilla metálica, forrado con una red de seda alquitranada con una abertura de 1 pulgada de luz de malla, se fija y sella al fondo mediante bolsas de nylon llenas de arena que le sirven de lastre colocándolas sobre la falda de la jaula alrededor de la misma.



Figura 4. Jaulas para la engorda del caracol juvenil en el mar. (Primer modulo de una UPP).

Para colocar estos sistemas en el mar se requiere hacer una selección del hábitat favorable para el crecimiento de los caracoles juveniles, ya que el sustrato es determinante para su desarrollo, por lo que deben colocarse en lugares con poco oleaje por la estabilidad de los sedimentos, sobre camas de *Thalassia* sp. y cuya profundidad no exceda los 3 metros.

Las semillas que se manejan en este módulo, son juveniles de 6 a 8 cm de longitud cuya principal causa de mortalidad durante esta fase es la depredación por cangrejos ermitaños pequeños, por lo que las jaulas deberán estar perfectamente selladas con el fondo. El mantenimiento de las jaulas consiste en revisar diariamente el lastre que se coloca en la falda para asegurar que selle perfectamente en el fondo para evitar entrada de depredadores y/o salida de caracoles. Esta actividad se realiza al momento de suministrar el alimento (Figura 5).



Figura 5. Manejo y engorda del caracol juvenil *Strombus gigas* en sistemas sumergidos.

Estrategia de Alimentación

El alimento que se les proporciona a los juveniles durante esta fase, es la misma dieta balanceada para Tilapia y Bagre, pulverizada e hidratada previamente, la cual se inyecta a los sistemas de cultivo mediante una botella plástica con una perforación en la tapa. La cantidad de alimento suministrado no debe exceder al 3% del peso total de los organismos. La alimentación se realiza una vez al día.

Las biometrías de los organismos se realizan mensualmente, para determinar sus tasas de crecimiento en longitud y peso. El manejo de los juveniles en este proceso debe ser muy cuidadoso, ya que el borde de crecimiento de la concha es muy frágil y puede romperse fácilmente afectando su tasa de crecimiento.

Consideraciones

En el manejo de estas jaulas, se ha estimado que se pierde aproximadamente un 30% de alimento, por efecto de la corriente y competencia con pequeños peces que se introducen a los sistemas, por lo que este porcentaje debe considerarse al pesar las raciones diarias de alimento que se van a suministrar.

Durante el manejo de los sistemas de cultivo sumergidos en el mar se recomienda rotar las áreas donde son colocados para evitar el exceso de nitrificación en las mismas.

Estos sistemas ofrecen la ventaja de no requerir de personal especializado, su construcción puede ser con material de fácil adquisición o rústico y se reduce el mantenimiento, haciéndolos más rentables.

Las técnicas descritas anteriormente están diseñadas para iniciar la cría del caracol juvenil en el mar. Sin embargo, para proyectar estos sistemas con fines comerciales es necesario probar las UPP en toda su capacidad y en colaboración con las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera, a fin de evaluar su eficiencia y rentabilidad, actividad que está planteada para desarrollarse en la tercera etapa del proyecto con un grupo pequeño de pescadores, a los cuales se les capacitará y se trabajará con ellos brindándoles asesoría, iniciando así el proceso de transferencia de tecnología.

El éxito que se obtenga en esta tercera etapa, permitirá hacer de la maricultura del caracol una actividad viable, cuya metodología pueda ser transferida a los pescadores o acuicultores interesados en esta práctica de cultivo.

PRUEBAS SOBRE PROTOTIPOS DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PILOTO

A partir del diseño de la Unidad de Producción Piloto (UPP), se construyeron tres prototipos a una escala de 1:5 y se instalaron en el mar, con el propósito de probar su funcionamiento en la engorda de juveniles de caracol rosado, y corregir posibles fallas en el diseño de estos sistemas de cultivo (Figura 6).

Para tal fin, se realizó una colecta de juveniles del medio natural, ya que aún no se cuenta con suficiente semilla producida en laboratorio para abastecer estos prototipos. Se midieron y pesaron los caracoles para integrar tres grupos de diferente intervalo de talla, de 25 organismos cada uno, manejando 75 juveniles por prototipo, distribuidos en cada círculo de acuerdo a su talla.

Se procedió a la instalación de estos prototipos en el mar, seleccionando el área que se recomienda en párrafos anteriores para este fin (Figura 7).

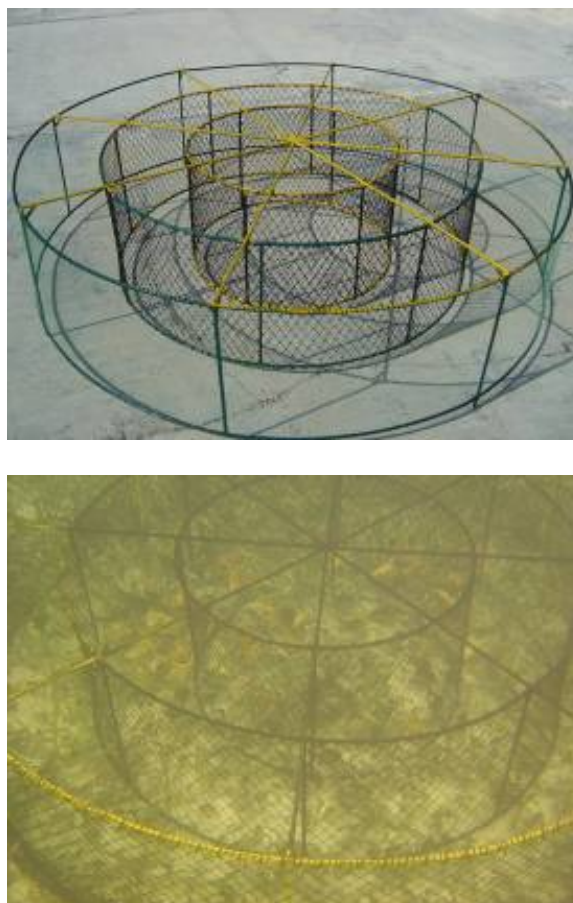


Figura 6. Elaboración de UPP a escala e instalación en el mar.

Se llevaron a cabo biometrías mensuales para determinar crecimiento y sobrevivencia de los organismos y se hicieron observaciones sobre el comportamiento de los juveniles registrando su movimiento y distribución diaria dentro de los corrales, así como, el aprovechamiento del alimento suministrado.

Por otro lado, se realizaron observaciones inherentes al funcionamiento del sistema como es el control de depredadores, aprovechamiento y pérdida de alimento por efecto directo del diseño de estos prototipos, así como su estabilidad en el mar y mantenimiento requerido.

Los resultados obtenidos sirvieron para ajustar el diseño de la UPP, determinar su mantenimiento y definir la técnica de engorda de juveniles en sistemas sumergidos.



En cada prototipo de UPP se manejaron tres categorías de tamaño:

- A = organismos entre 8.0 y 12.0 cm de longitud de concha para el primer círculo que es el central.
- B = organismos entre 12.1 y 14 cm de longitud de concha para el segundo círculo.
- C = organismos entre 14.1 y 17 cm de longitud de concha para el círculo exterior.

El incremento en longitud es diferente entre cada categoría de tamaño, encontrando un mayor crecimiento en los organismos pequeños con una tasa promedio de 4.5 mm mensuales, mientras que el incremento en peso es parecido para las tres categorías.

Al reducirse a cero la mortalidad por depredación, los prototipos mostraron una eficiencia del 100% en el control de depredadores y escape de los juveniles.

Los caracoles se mantuvieron distribuidos uniformemente en el corral durante la mayor parte del tiempo que permanecieron en estos sistemas, desplazándose dentro del círculo ya sea pegados a la malla o alejados de ella sin llegar nunca a formar acumulaciones.

La altura y forma del diseño mostraron ser eficientes en el aprovechamiento del alimento y estabilidad a las corrientes. Como mantenimiento, los sistemas requieren de un cepillado ligero en la malla cada semana para evitar la fijación y crecimiento de algas.

Por otro lado, cuando ocurrieron contingencias ambientales como huracanes, los sistemas se desmontaron y recuperaron fácilmente, ya que durante el periodo de prueba se presentaron dos huracanes que hicieron necesaria la extracción de los prototipos así como de los organismos.

CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos en estos prototipos, se observó que el diseño original de la Unidad de Producción Piloto, puede considerarse como un sistema de cultivo sumergido adecuado para el confinamiento y engorda del caracol juvenil en el mar. Que se está en condiciones de iniciar la tercera etapa del proyecto, en donde se plantea la instalación de una UPP en algún lugar de la costa, en coordinación con las Cooperativas Pesqueras, con un programa de monitoreo que servirá para evaluar su eficiencia y rentabilidad.

Figura 7. Instalación del prototipo de la UPP y distribución de los juveniles.