

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
Escuela de Zootecnia

Proyecto de Graduación
Maricultura de Camarones en Jaulas

José Pablo Fuentes Quesada

**Informe de proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciado en
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2011

Este proyecto de graduación fue aceptado por la comisión de trabajos finales de graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

Dr. Ricardo Radulovich

Director de Tesis

Dr. Ingo Wehrtmann

Miembro del Tribunal

M.G.A. Luis Villalobos

Miembro del Tribunal

M.Sc. Schery Umanzör

Miembro del Tribunal

M.Sc. Augusto Rojas

SubDirector Escuela de Zootecnia

José Pablo Fuentes Quesada

Estudiante

Dedicatorias

A mi nonna, mi nonno y mi familia.

Agradecimientos

A Dios, gracias por ayudarme a continuar y alcanzar las metas que se me han presentado en la vida.

A mi madre por estar presente en cada momento, dándome siempre su apoyo y consejos oportunos y sinceros.

A mi padre, porque gracias a él he continuado en el campo que me apasiona y me ha enseñado a continuar a pesar de las circunstancias.

A mis hermanas Jimena y Valeria y mis hermanos Sebastián y Andrés que son motores que me alientan a continuar en este proceso.

A Tita porque siempre está con su amor y me alienta a dar lo mejor de mí.

A mis tías abuelas, Coca y Lily, tíos abuelos, Gilberth y Lelo, a mis tíos y tías, Edgar, Diego, Andrea y Yuly y mis primos Jim, Kattia y Ana, porque siempre han estado incondicionalmente cuando los he necesitado y siempre me han dado su cariño y apoyo.

A mis primos Edgar, Andy y Gia que son como mis hermanos.

A mi mentor, profesor y amigo, Ricardo Radulovich porque en este proceso sus enseñanzas y las que están por venir, me han hecho ser una mejor persona y profesional.

A mis tutores, Ingo, Luis y Schery porque gracias a sus aportes y correcciones este trabajo se enriqueció.

A Agueda, mi segunda madre, gracias por sus consejos y estar ahí para ayudarme en cualquier momento.

A todos los que de una u otra forma han estado presentes durante mis años en la Universidad.

Índice de contenidos

	Página
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de cuadros.....	vii
Resumen.....	viii
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Producción acuícola.....	3
1.3 Acuicultura en Costa Rica.....	5
1.4 Cultivo de camarón en jaulas.....	9
1.5 Objetivos.....	11
1.5.1 Objetivo general.....	11
1.5.2 Objetivos específicos.....	11
2. MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1 Descripción de la zona.....	12
2.2 Características de la población, artes de pesca y especies comerciales del Golfo de Nicoya.....	12
2.3 Selección del sitio.....	15
2.4 Jaulas y anclaje.....	16
2.5 Cultivo del camarón en jaulas.....	20
2.6 Policultivo con ostra.....	22
2.7 Análisis financiero.....	24
3. RESULTADOS	
3.1 Generalidades.....	28
3.2 Selección de sitio.....	31
3.3 Jaulas y anclaje.....	33
3.4 Crecimiento del camarón.....	39
3.5 Alimentación.....	43
3.6 Policultivo con ostra.....	46
3.7 Análisis financiero.....	50
4. DISCUSIÓN	
4.1 Generalidades.....	54
4.2 Alimentación.....	57
4.3 Crecimiento y mortalidad.....	57
4.4 Policultivo con ostra.....	59
4.5 Análisis financiero.....	62
5. CONCLUSIONES	63
Literatura Citada.....	65

Índice de figuras

Figura	Página
1. Ubicación de las localidades involucradas en la producción de camarón en jaulas en el Golfo de Nicoya.....	14
2. Ejemplo de fondos o anclajes de estañones rellenos de concreto para sujetar las jaulas.....	19
3. Ejemplo de guindante utilizado dentro de las jaulas (a) y linterna sencilla para ostras (b).....	23
4. Vista de un Huerto Marino Comunitario con 22 jaulas de camarones.....	28
5. Huerto Marino Comunitario, Costa de Pájaros.....	29
6. Primer grupo de producción de camarón, constituido únicamente por mujeres....	32
7. Jaula de 18 m ² de varilla de hierro soldada.....	34
8. Jaula construida con marco de PVC de 63,5 mm.....	35
9. Jaulas para post larva.....	36
10. Jaula con marco de bambú y malla raschel, diseño propio de productores.....	36
11. Jaula con armazón de palos y malla raschel, diseño propio de productores.....	37
12. Entrada de una jaula en forma de manga.....	38
13. Dos distintos diseños de casetas.....	39
14. Tasa de crecimiento de camarón (g / día) cultivado en jaulas.....	40
15. Tasa de crecimiento relativo del camarón cultivado en jaulas.....	41
16. Relación longitud total (mm) vs. peso (g) del camarón.....	41
17. Relación entre peso (g) y densidad máxima de camarones (número de animales / m ³).....	42
18. Camarones alimentándose de restos de pescado dentro de una jaula.....	44
19. Canibalismo o autofagia dentro de las jaulas.....	45
20. Ejemplares de ostras (50 mm) en crecimiento dentro de las jaulas en asocio con camarones.....	47
21. Camarones en asocio con bivalvos dentro de una jaula.....	47
22. Camarones interactuando con los guindantes de bivalvos.....	48
23. Bolsas con ostras juveniles.....	49

Índice de cuadros

Cuadro	Página
1. Mallas utilizadas en la construcción de jaulas.....	17
2. Análisis financiero de diferentes modelos de producción de camarón en jaulas.....	51

Resumen

En la búsqueda de alternativas productivas a la disminución en la pesca y la falta de oportunidades para la población costera de bajos recursos, se desarrolló el cultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*) a pequeña escala en jaulas flotantes en el mar, en monocultivo o en asocio con ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*), en el Golfo de Nicoya, Pacífico de Costa Rica. Se analizaron los principales componentes biológicos, zootécnicos, ingenieriles, marino-costeros, sociales y económicos que interactúan para determinar la factibilidad de una producción de camarones, manejada tras un esfuerzo de extensión por hombres y mujeres de las comunidades costeras, quienes se dedicaron a esta actividad como complemento de la pesca, determinándose las características que se requieren para aproximar adopción, rentabilidad y sostenibilidad. Las jaulas fueron hechas de forma artesanal y a bajo costo (0,5 a 24 m³ y de entre US\$ 5 a 30 / m³). Se inició el cultivo con post-larvas de un promedio de 12 días (PL12) en una secuencia de dos o tres jaulas con densidades que oscilaron entre 9341 PL12 / m³ (DE = 2537 PL12 / m³) a un promedio a la cosecha de 4,05 kg / m³ (DE = 1,16 kg / m³). Las PL fueron alimentadas con alimento balanceado en polvo hasta 0,1 g, peso en el que fueron cambiadas a una dieta constituida completamente de pescado y subproductos de la pesca, alimentándolas con una relación establecida en 8 g alimento fresco: 1 g de crecimiento de los camarones, sin obtenerse diferencias significativas (Prueba t, P <0,01) en la ganancia de peso en comparación con una dieta de únicamente alimento balanceado en una proporción de 2:1. La mortalidad para PL12 hasta 0,1 g fue en promedio de 18,1% (DE = 6,5%), mientras que la mortalidad después de 0,1 g fue en promedio de 0,28% / d (DE = 0,08% / d) hasta los 20 g. Las tasas de crecimiento en g / d, obtenidas a partir de 19 eventos separados de cultivo, están altamente correlacionadas con el tiempo a través de tres etapas. La primera de PL12 a poco más de 1,0 g ($g = 0,006 e^{0,101d}$, $r^2 = 0,917$), la segunda etapa, lineal, de

1,0 a 18,0 g ($g = 0,156 d - 7,610$; $r^2 = 0,945$) y la tercera hasta un tamaño máximo de 35,4 g, también lineal pero con menor pendiente ($g = 0,0914 d - 1,910$; $r^2 = 0,987$). Las ostras se colocaron dentro de las jaulas de camarones en guindantes hechos de red de pesca, alcanzándose una densidad de cosecha de 100 ostras / m² de jaula, obteniéndose una talla comercial de 70 mm de longitud en aproximadamente 5,4 meses, con una tasa de mortalidad muy variable a partir de semillas de 4 mm, de 43,2% (DE = 21,3%). No se encontraron diferencias significativas atribuibles al policultivo en el crecimiento del camarón o la ostra, pero la rentabilidad del sistema aumentó cuando fueron cultivados juntos. Los diferentes escenarios mostraron que el cultivo de camarón en jaulas flotantes en el mar, con o sin ostra, es técnica y económicamente viable, sobre todo cuando se utilizó alimento fresco en vez de alimento balanceado, con la venta de camarón para carnada viva y, especialmente, al agregarse la ostra en policultivo.

Palabras clave: maricultura, agricultura del mar, extensión, ostra, seguridad alimentaria, alimentos, pesca artesanal, cambio climático.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

En las últimas décadas, la sobre-pesca y el crecimiento acelerado de la población han provocado que las principales especies de peces, crustáceos y bivalvos de interés comercial hayan sido reducidas considerablemente por la extracción desmedida (Nuttall, 2004; FAO, 2010). Se ha determinado que el 85% de las principales especies de pesca están ya sobreexplotadas o totalmente explotadas (FAO, 2010).

Esto es de gran importancia y representa un reto, tanto para los pobladores costeros que dependen de ello, como para los gobiernos de alimentar a la población y contribuir a la seguridad alimentaria (Vela y Ojeda, 2007). Al mismo tiempo, el tema gana relevancia por los efectos negativos que podrá traer el cambio climático, al punto que se espera que con el crecimiento poblacional para el año 2050, la capacidad de producción de alimentos se verá severamente comprometida (Wallace, 2000; Duarte et al., 2009; Charles et al., 2010).

Ante esta situación, el cultivo de animales en el mar se presenta como una alternativa o complemento de la pesca, para producir proteína de alto valor biológico y un producto de alta demanda mercantil, manteniendo o mejorando la nutrición y las condiciones socio-económicas de las comunidades participantes en la actividad. Esto además de expandirse con ello las fronteras productivas en una actividad donde el recurso hídrico es dado, dejando de ser una limitante como lo es en tierra (Radulovich, 2011).

La FAO (2010) indica que la pesca y la acuicultura aportaron para el 2008 unos 115 millones de toneladas de pescado para el consumo humano, lo que significa alrededor de 17 kg per cápita, del cual aproximadamente 9 kg provienen de la pesca. Es decir, la

acuicultura, principalmente de agua dulce pero crecientemente marina, ya aporta cerca del 50% del alimento acuático mundial. Lo anterior es similar a la situación en Costa Rica, en donde la pesca se ha reducido mientras que la acuicultura ha incrementado en los últimos años, siendo ambas producciones casi iguales en magnitud para el año 2006 (Wehrtmann y Nielsen-Muñoz, 2009).

A pesar de la variedad de animales marinos de interés comercial que existen en el Golfo de Nicoya, cada vez es mayor el esfuerzo requerido para capturarlos o recolectarlos, lo que ha provocado que las autoridades rutinariamente decreten vedas de pesca todos los años. Así por ejemplo la veda del año 2009, de un mes y medio de duración, fue por primera vez total, es decir no se permitió pesca alguna, práctica que ha continuado durante el 2011, incluso con tres meses de veda total (Arce, 2009).

A pesar de que el impacto que tienen estas vedas no está bien evaluado, evidentemente tienen un efecto no solo en la economía de los pescadores, sino además en el abastecimiento de productos marinos a la población costarricense, abriendo la posibilidad de incrementar las importaciones o la comercialización de productos importados, que deterioran aún más la situación del pescador nacional (Radulovich, 2008).

Así, los pescadores tienen cada día más dificultades, por ende costo, para extraer los animales del mar, lo que disminuye sus ingresos económicos, deteriorando su calidad de vida. Es por esto que la maricultura o acuicultura marina representa una opción productiva que puede ser sostenible en la medida que es respetuosa con el ambiente y la biodiversidad mientras sea posible su implementación a bajo costo, donde cualquier miembro de la familia puede involucrarse y permitiendo además un adecuado retorno de la inversión a corto plazo (Radulovich, 2006).

1.2 Producción acuícola

La acuicultura a nivel mundial es el sector productivo de alimentos de mayor crecimiento con un índice medio anual del 8,7% desde 1970 hasta el 2008, a diferencia de la pesca que se mantiene constante desde 1980 (FAO, 2010). Si se compara con el crecimiento mundial de carne (avícola y vacuno) la acuicultura ha aumentado casi tres veces más desde 1950 hasta el 2008, demostrando que es un campo que se encuentra en expansión y en donde América Latina y el Caribe es la región con el mayor crecimiento medio anual de 21,1% (FAO, 2010).

La acuicultura en general se ha desarrollado principalmente bajo cuatro tipos de producciones: en agua dulce (estanques o fuentes naturales como lagos), con agua salada o salobre en estanques o encierros de agua en tierra, en zona inter-marea y directamente en el mar (Pillay y Kutty, 2005; Radulovich, 2008). Actualmente se han desarrollado sistemas de recirculación cerrados que tienen la ventaja de utilizar una cantidad menor de agua para obtener iguales o mayores rendimientos a los que se esperan en sistemas tradicionales, pero su tecnología requiere de alta inversión, capacitación y manejo técnico especializado (Timmons et al., 2002; Martins et al., 2010).

Ante un panorama de creciente falta de agua dulce, inseguridad alimentaria y disminución de los terrenos agrícolas, se puede ver a la superficie marina como un campo para cultivar. Si se le compara análogamente con un área de tierra, el mar cubre el 70% del planeta, cuenta con capacidad productiva muy similar a la tierra en cuanto a energía solar, nutrientes y especies cultivables (animales y plantas), y tiene toda el agua que se requiera para “cultivar” (Radulovich, 2008, 2011). Así, la maricultura o el cultivo en el mar, se puede definir como la producción deliberada de especies marinas, animales o plantas, en el mar. Esta puede ocurrir a pocos metros de la costa o en zonas más lejanas mar adentro.

A nivel mundial, la región asiática, particularmente China, Vietnam, Taiwán, Japón, Corea del Sur y Filipinas, han visto desde hace décadas en los recursos acuícolas una posibilidad para la producción de alimentos, por lo que han desarrollado y expandido su potencial por todo su continente, logrando que este tipo de productos representen una parte muy importante de su dieta, siendo los mayores productores y consumidores (Frankic y Hershner, 2003; FAO, 2010). De igual forma, en países europeos como Noruega y España la acuicultura se ha desarrollado en los últimos años de forma constante, lográndose actualmente el cultivo de peces marinos a nivel industrial como salmón (*Oncorhynchus sp.*), dorada (*Sparus sp.*) y lubina (*Dicentrarchus sp.*), así como el de especies de moluscos como mejillón (*Mytilus galloprovincialis*), berberecho (*Cerastoderma edule glaucum*) y vieira (*Pecten maximus*) (Vela y Ojeda, 2007; FAO, 2010).

En el continente americano, Chile es el único país que tiene un desarrollo notable en la producción en el mar, principalmente con el cultivo de salmón en jaulas y otros como mejillones y algas (Buschmann et al., 2009). No obstante, en otros países se ha hecho intentos de impulsar este tipo de explotaciones en el mar con especies de moluscos (*Crassostrea sp.*) en México, Brasil y Perú, el cultivo de cobia (*Rachycentron canadum*) en Colombia, Belice, Puerto Rico, Panamá y Brasil, y en el Caribe producciones de algas (*Kappaphicus alvaresii*) (FAO, 2010). El engorde de atún, principalmente aleta azul del Pacífico norte (*Thunnus orientalis*), se volvió atractivo en los últimos años a causa de su alto valor de mercado, realizándose cultivos en México desde 1997 (Del Moral y Vaca, 2009). Sin embargo, este tipo de producción masiva de peces como atún en jaulas, ha sido cuestionado por contaminar los ecosistemas con materia orgánica que se genera por su alimentación y heces provocando cambios químicos en los fondos marinos (Vezzulli et

al., 2008), además de que se requiere la captura de hasta 25 kilogramos de especies pelágicas para producir un kilogramo de atún (Volpe, 2005).

1.3 Acuicultura en Costa Rica

En Costa Rica las explotaciones en estanques de agua dulce son las más comunes de encontrar, principalmente de tilapia (*Oreochromis spp.*) y en menor cantidad de trucha (*Oncorhynchus spp.*) con un área de cultivo de aproximadamente 711 y 10 hectáreas (ha) y una producción de 19 489 y 532 toneladas métricas (tm), respectivamente. También otra especie de gran importancia es el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), el cual es cultivado en estanques en tierra con agua de mar o salobre, de forma semi-intensiva, el cual se desarrolla desde hace muchos años en nuestro país con un área de cultivo de 1 698 ha y 5 274 tm de producción (Otárola, 2008).

Este tipo de maricultura, como se le llama por utilizarse agua de mar y usarse una especie marina, se extendió en la costa del Golfo de Nicoya y del Pacífico Central y Sur debido a las condiciones adecuadas de clima, tierras, zonas poco pobladas y a la rentabilidad que tiene el cultivo por su precio (Otárola, 2008; FAO, 2011). A pesar de estas ventajas, ha tenido un impacto negativo en el ambiente debido a la destrucción de bosque, manglares, contaminación de los esteros con materia orgánica, erosión de los suelos, y pérdida de hábitats y de zonas de refugio y de reproducción para una gran diversidad de animales y plantas, además de estar enfrentando recurrentes crisis epizoóticas (Chamberlain, 2001; Naylor y Burke, 2005).

Particularmente, Costa Rica cuenta con dos océanos en los que tiene alrededor de 12 veces su área terrestre, con temperaturas aptas todo el año para cultivar distintas

especies y con zonas protegidas de los vientos y de olas fuertes generadas por cambios en el clima, como lo es el Golfo de Nicoya. Allí, como en toda la costa del Pacífico, las mareas son bidiurnas de tres metros aproximadamente, lo cual es considerable, mientras en el Caribe las mareas fluctúan mucho menos, alrededor de 0,3 metros (Bolaños, 2001). Además, la pesca se encuentra ampliamente diseminada por la zona del Pacífico, sobre todo en el Golfo de Nicoya y sus alrededores, siendo la principal zona de pesca y de desembarque de productos pesqueros en general (Araya et al., 2007; Wehrtmann y Nielsen-Muñoz, 2009).

Por lo anterior, el cultivo en jaulas como un complemento de la pesca es una opción económica para las zonas costeras, pero Costa Rica a pesar de tener este enorme potencial en el mar prácticamente no lo ha desarrollado, contándose únicamente en la costa del Pacífico los esfuerzos que se detallan a continuación (Radulovich, 2008):

1) en Cuajiniquil hay varias jaulas con pargo manchado (*Lutjanus guttatus*), las cuales son una iniciativa personal del Dr. Frank Joyce, la cual ha mantenido exitosamente por varios años, alimentando los animales con subproductos de la pesca;

2) en la cercanía de la isla San Lucas existen otras tres jaulas con la misma especie de peces pero que actualmente se encuentran sin animales, que son un proyecto elaborado en conjunto entre la Universidad Nacional (UNA) y el Parque Marino, con la cooperación de la misión de Taiwán;

3) el cultivo de ostras del Pacífico (*Crassostrea gigas*) por parte de pobladores en la zona de Punta Morales y Paquera, apoyados por la UNA e impulsado inicialmente por la Cooperación de Japón;

4) diferentes tipos de jaulas hechas por lugareños de las islas Caballo y Venado y otros sitios, con materiales como madera y malla de chinchorro, que se utilizan para guardar

sardinias y luego emplearlas en la pesca, lo cual se ha visto incrementado desde finales del 2008 - principios del 2009 por actividad del proyecto Huertos Marinos de la Universidad de Costa Rica;

5) el mismo proyecto Huertos Marinos de la Universidad de Costa Rica, que ha desarrollado el cultivo de peces y camarones en jaulas desde el 2008 (aunque tiene actividades preliminares desde el 2001) en conjunto con los pobladores de las islas de Venado, Caballo y Chira, y zonas como Punta Morales, Chomes, Cocorocas y Costa de Pájaros, en donde en particular se han cultivado peces como robalo (*Centropomus sp.*), corvina (*Cynoscion sp.*), bagre (*Bagre sp.*), pargo (*Lutjanus spp.*) y macabí (*Chanos chanos*), los cuales son alimentados con trozos de pescado y otros restos del proceso primario de la pesca, reduciendo costos;

Además,

6) a nivel comercial, aunque desconociéndose el detalle de la producción, la empresa Martec inició desde hace unos años el cultivo del pargo manchado para su exportación, para lo cual cuenta en la actualidad con ocho jaulas de unos 350 m³ cada una, cerca de un islote alrededor de Paquera, Golfo de Nicoya, y su suministro de alevines ha provenido del Parque Marino de Puntarenas, aunque se cree que existen problemas en lograr la estabilidad en la reproducción, por lo que se encuentran habilitando un nuevo laboratorio de producción de alevines para su propio abastecimiento.

Dentro de este esfuerzo por desarrollar la maricultura, se ha considerado que el cultivo del camarón se encuentra entre las primeras especies a trabajar. Esto porque es una especie económicamente muy atractiva para los pescadores con un mercado muy desarrollado y además porque su cultivo en estanques ya es conocido en el país, por lo que hay experiencia, aunque no directa, así como alimento balanceado y sobre todo semilla. Esto

último, contar con juveniles en cantidad, calidad y precio accesibles, es un elemento esencial para iniciar la maricultura de animales.

El proyecto Huertos Marinos de la Universidad de Costa Rica ha impulsado el cultivo de camarón para la maricultura con la misma especie que se siembra en los estanques en tierra. Esto con el fin de evitar introducir especies foráneas, además de buscar especies que ya sean conocidas por los pobladores y tengan un buen nicho de mercado. La idea es que las especies seleccionadas puedan ser cultivadas utilizando materiales de bajo costo y de sencilla construcción, con lo que el manejo de los animales pueda ser realizado por cualquier persona (ver www.maricultura.net; Radulovich, 2008).

Sin embargo, al comparar con otros países, sobre todo de otras latitudes, las experiencias de cultivar en el mar son pocas en Costa Rica (Radulovich, 2008), tal vez debido a que la pesca fue abundante en años anteriores y en general el consumo de peces es limitado --el consumo aparente por persona en Costa Rica es de alrededor de 8 kg por año (Infopesca, 2007)--por lo que no existió una necesidad real de buscar otra alternativa. Pero esto ha cambiado con la disminución de la pesca y la recolección de bivalvos (Wehrtmann y Nielsen-Muñoz, 2009), por lo que se hace necesario buscar nuevas opciones de producción para estas comunidades costeras y a la vez para desarrollar productivamente el recurso marino.

A todo esto, hay que considerar que la pesca envuelve un factor de suerte. Cuando se tira la línea, el trasmallo o el anzuelo, no se sabe con certeza qué tipo de peces, el tamaño, ni la cantidad que se va a capturar, por lo que la pesca no es siempre segura y muchas veces el tiempo empleado es muy alto para la poca cantidad de animales de valor económico que se extrae, y el daño a otras especies o juveniles puede ser considerable.

Esta realidad por la que atraviesan miles de pescadores y sus familias del Golfo de Nicoya, en la que su fuente de trabajo se ve reducida y su capacidad de generar recursos con la pesca se limita año con año, deja claro la necesidad de desarrollar alternativas, de las que la maricultura a mar costero abierto, es un excelente complemento de la pesca y la recolección, y sobre todo porque se trata de una zona que reúne generalmente condiciones adecuadas para el cultivo de especies autóctonas.

1.4 Cultivo de camarón en jaulas

Además del sistema de producción en estanques de tierra, también se han desarrollado de forma incipiente modelos de producción de camarones en jaulas, el cual es un tema innovador a nivel mundial. Recién desde hace unos años, investigadores de México, Brasil y Costa Rica han incursionado en este campo, encontrándose en la literatura experiencias de producción de forma experimental del proyecto Huertos Marinos que incluyeron la cría de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y sus fases previas (Radulovich, 2006, 2010), de México el cultivo de camarón blanco en la bahía de Santa María, Sinaloa (Zarain-Herzberg et al., 2006; Zarain-Herzberg, 2007) y de Brasil donde se han realizado intentos para desarrollar este tipo de cultivo pero a nivel muy experimental (Paquotte et al., 1998; Lombardi et al., 2006; Lombardi y Marques, 2007).

Además de cultivar el camarón únicamente en las jaulas, existe la posibilidad de asociarlo con otras especies de interés comercial con el fin de realizar un policultivo (Nunes et al., 2003; Matthew et al., 2009). En estanques el policultivo de camarón ha sido analizado y recomendado pero no es una práctica común que se realiza (Martinez-Cordova y Martinez-Porchas, 2006; Martinez-Porchas et al., 2010), pero se han tenido buenos crecimientos en policultivo con algas a mar abierto en pequeñas jaulas experimentales (Lombardi et al., 2006). De igual forma, Troell et al. (2009) indican que los sistemas de

policultivo en el mar son una opción viable pero que aún se encuentran en proceso de mejorarse las técnicas de producción para que generen mayores beneficios económicos, sociales y ambientales.

Por lo anterior, el presente trabajo consistió en evaluar el crecimiento del camarón en jaulas en el mar manejado directamente por los pobladores costeros de escasos recursos, a nivel comercial a pequeña escala, con características como la fabricación de jaulas a nivel local y de bajo costo utilizando tecnología apropiada, empleando alimento fresco proveniente de la captura incidental de pesca y sus derivados en lugar de alimentos balanceados, la venta de camarón para carnada viva y la evaluación de policultivo con ostras para aumentar la rentabilidad del sistema.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar en la práctica y analizar los principales componentes biológicos, zootécnicos, ingenieriles, marino-costeros, sociales y económicos que interactúan para caracterizar, a pequeña escala, una producción de camarones en jaulas en el Golfo de Nicoya, por parte de pobladores costeros de bajos recursos que se dedican a esta actividad como complemento de la pesca.

1.5.2 Objetivos Específicos

Conocer los parámetros zootécnicos o de crecimiento de camarones en jaulas flotantes a pequeña escala.

Desarrollar y describir los sistemas de producción empleados, incluyendo distintos diseños de jaulas, anclajes y materiales para su construcción, selección de sitios de cultivo, densidades de siembra y raleos, tipos de alimento y prácticas de alimentación, policultivo y elementos de cosecha y post cosecha.

Analizar los mercados locales, los escenarios económicos e indicadores financieros para una producción de camarón en jaulas en este contexto, para conocer la viabilidad del proyecto.

Recomendar un sistema de producción que demuestre ser el más viable técnica, ambiental y financieramente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción de la zona

Este trabajo se llevó a cabo en el Golfo de Nicoya, en la costa del Pacífico de Costa Rica en América Central, Pacífico Central Oriental, dentro del Gran Ecosistema Marino N° 11, entre setiembre de 2008 y marzo de 2011. Este Golfo ocupa una superficie aproximada de 2 000 km² de aguas relativamente tranquilas. La temperatura de la superficie del mar fluctúa alrededor de 28,6 °C, mientras que la salinidad varía de 25 a 32 g / l de acuerdo con la lluvia y las descargas de los ríos (Brenes et al., 2001). El agua interna del Golfo es más turbia y con una mayor cantidad de materia orgánica, especialmente durante la temporada de lluvias, lo que favorece condiciones severas de turbidez o sedimentos; en el interior del Golfo la profundidad es menor a los 20 m, pero hacia el exterior del Golfo aumenta paulatinamente la profundidad hasta los 200 m; la fluctuación en las mareas, deja al descubierto unas amplias zonas planas cubiertas principalmente por barro, algunas de ellas de arena. Además se pueden producir corrientes de hasta 2 m / s generalmente cuando la marea está retrocediendo (Lizano y Alfaro, 2004; Cortés y Wehrtmann, 2009).

2.2 Características de la población, artes de pesca y especies comerciales del Golfo de Nicoya

Ambas costas del Golfo y varias de sus islas son pobladas por comunidades compuestas principalmente por pescadores artesanales y sus familias. Un censo realizado en 2004 estableció en 1 968 el número de embarcaciones que componen la flota regular de pesca en el Golfo, donde un 78% de la flota usa motores fuera de borda menores o

iguales a 40 HP y alrededor del 75% de las embarcaciones está compuesta por pangas (Chacón et al., 2005).

Las artes de pesca utilizadas en el Golfo de Nicoya varían dependiendo de lo que se quiera pescar. En el caso del camarón blanco solo se puede capturar con trasmallo, aunque también se práctica la pesca de arrastre, lo cual es ilegal en el Golfo de Nicoya. Los peces en cambio se pueden capturar con trasmallo, con cuerdas manuales o líneas de pesca que van desde varios hasta cientos de anzuelos. Cada tipo de pesca está regulada en los permisos de pesca que INCOPECA le otorga a los pescadores, donde se menciona el máximo de altura, longitud y la apertura de las mallas que tienen que tener cada uno de los trasmallos de acuerdo a lo que se quiere capturar, así como la cantidad de anzuelos permitidos a las líneas de pesca (Araya et al., 2007).

Las principales especies que se pescan son corvina (*Cynoscion spp.*), robalo (*Centropomus spp.*), pargo (*Lutjanus spp.*), bagre (*Bagre spp.*), jurel (*Caranx spp.*), además de capturarse una variedad de anguilas, rayas, sardinas, anchoas, pámpanos, lisas, entre otros (Vásquez et al., 2004). Los crustáceos de mayor importancia son camarón (*Litopenaeus vannamei*, entre otros), cangrejo azul (*Callinectes arcuatus*) y langosta espinosa (*Panulirus gracilis*). Los moluscos de interés comercial están ahora en peligro de extinción y protegidos por una veda permanente, por ejemplo, chucheca (*Grandis grandiarca*), piangua (*Anadara tuberculosa*) y cambute (*Strombus galeatus*). Siguen siendo algo abundantes las almejas (*Protothaca spp.*), mejillones (*Mytilus guyanensis*) y almejas navaja del Pacífico (*Patula siliqua*), recolectadas principalmente por mujeres (Vásquez et al., 2004).

Como se muestra la ubicación en la Figura 1, este trabajo se llevó a cabo con personas de las comunidades de Palito (1) y Bocana (2) en Isla Chira, en Costa de Pájaros (3), Morales (4), Punta Morales (5) y Chomes (6) en las costas del Golfo de Nicoya. La

constitución de los grupos se llevó a cabo con pobladores costeros de las comunidades interesadas –pescadores o no-- en el cultivo del camarón en jaulas, por su propia iniciativa tras una charla introductoria, con el fin de organizarlos, capacitarlos y apoyarlos en el proceso de transferencia.



Figura 1. Ubicación de las localidades involucradas en la producción de camarón en jaulas en el Golfo de Nicoya.

Se empleó un modelo de producción/extensión llamado Huertos Marinos Comunitarios (HMC), el cual consiste en subunidades de familias y/o grupos –donde algunos casos son en su totalidad de mujeres-- los cuales se agrupan para unir esfuerzos en labores, incluyendo la vigilancia. Idealmente se buscó que fueran siete grupos por cada HMC con el fin de distribuirse principalmente el cuidado una vez por semana. A pesar de que solo un

grupo se hacía cargo de cuidar en el día y la noche, durante el día cada uno de los grupos tenían que alimentar y hacer una revisión general de sus jaulas.

Cada jaula fue construida por los mismos pescadores en jornadas planificadas para este objetivo. Las jaulas construidas fueron una para la PL y una de engorde, en algunos casos se contó con dos jaulas secuenciales de engorde. Las jaulas que posteriormente fueron agregadas a los HMC fueron construidas por ellos mismos, proveyéndoseles la malla únicamente.

El sistema de fondos o anclajes era compartido por los miembros del HMC, donde cada uno tenía un espacio para colocar sus jaulas en un tramo de la línea. Se proveyó además en algunos casos, materiales para la construcción de una balsa flotante con techo, la cual se usó para las tareas diarias como alimentación, sitio de trabajo, para guardar implementos, o refugio del sol en el día o de las inclemencias del clima y para servir durante las noches como caseta de cuidado.

2.3 Selección de sitio

Ya que la accesibilidad y el cuidado son considerados aspectos clave, los sitios seleccionados estaban cercanos a la costa, además de ser lugares donde habitualmente se pesca el camarón, por lo que se consideraron adecuados para iniciar con el cultivo. Esto permitió también que los integrantes de los grupos pudieran desplazarse con más facilidad hacia sus jaulas y vigilar durante el día desde la orilla, además del cuidado nocturno desde un bote o casetilla flotante.

Otro punto importante para la selección de sitio fue que la operación de cultivo no interfiriera con las zonas de pesca o el paso de botes, pues ayuda a evitar problemas con

otros pescadores. Se colocaron reflectantes en las jaulas externas y una chispa o bombillo en los HMC que tenían casetilla o incluso sobre alguna jaula, todo esto con el fin de que fueran vistas durante la noche facilitando el tránsito de las embarcaciones. Además se informó a la comunidad sobre el proyecto para que los pobladores tuvieran conocimiento acerca de lo que se estaba haciendo y los beneficios que este sistema de producción puede traer a las familias de la comunidad.

2.4 Jaulas y anclaje

Las jaulas pueden ser de muchos materiales y diseños, pero se consideró que lo más importante es que mantengan los camarones dentro y los depredadores fuera y permitan el paso constante del agua. El bajo costo y la fácil fabricación son elementos prioritarios que se evaluaron, con el fin de que las personas interesadas logaran construirlas por sí mismas.

Los materiales utilizados fueron palos de madera, cañas de bambú, tubo de PVC o varillas de metal. Estas últimas permiten hacer diseños circulares con más facilidad aunque no se considera necesario para el camarón. Las jaulas usadas tuvieron volúmenes de 1 hasta 20 m³. Para los camarones se consideró necesario que por lo menos estuviera sumergida la jaula 0,7 m y fuera cerrada completamente con la malla en la superficie para que en el caso de que se volcara la jaula, no escaparan los animales.

Para bajar costos se estipuló que el sistema de flotación consistiera de boyas--pinchingas o galones--o estañones, todos reutilizados, que van sujetos al borde superior de la jaula. Se consideró importante recomendar que cada boya fuera revisada con el fin de reemplazar alguna que se encuentre dañada o que se haya soltado y evitar el hundimiento de una parte de la jaula.

Durante la construcción de las jaulas se utilizaron distintos tipos de malla que variaron principalmente en la apertura de la luz de acuerdo al tamaño de los camarones y a su grosor. Estos datos se resumen en el Cuadro 1, donde se mencionan las principales características de las mallas empleadas en la construcción de jaulas. Estas se utilizan de acuerdo al tamaño que tenga el camarón, pero tienen sus restricciones de uso por precio y tamaño de la luz, así como variaciones en el grosor del hilo con que son fabricadas en el caso de la malla de monofilamento.

Cuadro 1. Mallas utilizadas en la construcción de jaulas.

Nombre malla	Tamaño de los orificios	Tipo de malla	Tamaño del camarón
Antiáfido	40x40 divisiones/pulg (25,4 mm)	Monofilamento de polietileno de alta densidad	PL en adelante
Raschel	4,0 mm	Multifilamento	0,1 g en adelante
Nylon	9,5 mm	Monofilamento de nylon	6,0 g en adelante
Nylon	25,4 mm	Monofilamento de nylon	11,0 g en adelante

Se utilizó una jaula de cría con malla antiáfido por alrededor de 30 días comenzando con el estadio de PL12, la cual es de poco cubicaje (alrededor de 1 m³) y tiene su armazón hecha de madera cubierta por una capa de resina para retrasar su deterioro. Estas jaulas necesitan ser protegidas para evitar que ramas o palos provoquen aberturas en la malla que puedan hacer que escapen las PL, por lo que se cubren con una malla externa más resistente o son colocadas dentro de las jaulas más grandes. Una vez que las jaulas son

desocupadas al trasladar los animales a una jaula de engorde, se recomendó ponerlas a secar expuestas al sol para posteriormente limpiarlas, reparar cualquier orificio o reforzar su estructura.

Para la jaula de engorde se empleó malla raschel que evita el escape de animales con un peso de 0,1 g en adelante por lo que jaulas de este tipo se emplearon en su mayoría para la etapa de engorde. Estas jaulas se hicieron de un volumen de 5 a 20 m³, de las cuales las de menor cubicaje se utilizaron para un estadio intermedio de pre-engorde para luego trasladar los animales a las jaulas más grandes, pero en la mayoría de los casos se utilizó solamente una jaula desde 0,1 g de peso vivo hasta la cosecha.

La malla de monofilamento de nylon, que es igual a la que se emplea como trasmallo para la pesca pero con una luz mucho menor, en este caso de 9,5 y de 25,4 mm (o de 3/8 y de 1 pulgada), mantuvieron animales con pesos superiores de 6 y 11 g respectivamente. Este tipo de material es más liviano y menos costoso que la malla raschel, lo que permitió poner doble malla en las paredes de las jaulas, dándole una mayor fortaleza como medida de protección en el caso de que ramas o palos la golpearan.

Los fondos o anclajes se construyeron rellenando un estañón con concreto más varillas de construcción expuestas para evitar su arrastre por las corrientes (Figura 2). Se consideró que la parte más importante al construir el fondo es el punto o argolla donde va sujeta la línea que sostiene las jaulas, por lo que fue hecho con materiales resistentes como varilla de construcción, cadena o incluso mecate grueso de más de 25,4 mm o una pulgada. Se tuvo el cuidado de que los extremos de la argolla que van dentro del fondo fueran profundos para que no se desprendieran durante el funcionamiento y además de que la argolla o manilla estuviera cubierta de manguera para evitar que el herrumbre afectara el hierro. La forma de los fondos varió dependiendo del molde que se utilizó para

fabricarlos. Comúnmente se emplearon estañones o cajones de madera como moldes. El peso de un estañón completo de concreto fue de aproximadamente 450 kg.



Figura 2. Ejemplo de fondos o anclajes de estañones rellenos de concreto para sujetar las jaulas. Nótese las manillas y las varillas de hierro que se colocaron para mejorar el agarre del fondo al piso del mar.

La línea que está sujeta entre los fondos y que se utiliza para amarrar las jaulas fue de una cuerda resistente como el nylon y de un grueso considerable de más de 19 mm o $\frac{3}{4}$ de pulgada. La línea llevaba nudos entre sí, cada dos metros, con el fin de que los mecates que sujetan las jaulas no se corrieran y se mantuvieran en un solo punto.

2.5 Cultivo del camarón en jaulas

Una vez seleccionado el sitio y ubicadas las jaulas, se inició con la siembra de PL de 12 días aproximadamente que fueron suministradas a los colaboradores por parte del proyecto.

Esta semilla de camarón se obtuvo comprándola directamente en laboratorios especializados que importan el nauplio y lo desarrollan en Costa Rica, a un costo de US\$ 3,8 /1000 PL. Principalmente se compró PL del laboratorio de Punta Morales.

Para iniciar el cultivo los participantes recibieron las PL12 para colocarlas en las jaulas de cría que ya habían construido. Se alimentaron las PL12 varias veces al día, entre 6 ó 7 alimentaciones por día, con un polvo fino de alimento concentrado previamente pasado por una moladora sencilla a una relación de 1,5 veces de lo recomendado para cría de camarón en estanques, es decir 30% del peso vivo (PV) por día, disminuyendo paulatinamente hacia el día 30 hasta un 10% PV cuando alcanzan un tamaño de 0,1 g.

Posteriormente, se continuó con una etapa de pre-engorde, en la cual la alimentación se cambió en un lapso de 3 a 5 días a una dieta 100% solo carne o alimento fresco, proveniente del pescado “chatarra” que desechan los pescadores, o subproductos de la pesca –entrañas, carcasas, pieles y cabezas- que se recogían de pescaderías o del mismo producto de la pesca de cada participante. Este subproducto fue triturado en una moladora manual o picado en trozos pequeños para suministrarlo a los animales, que eran alimentados en las primeras horas de la mañana entre 6:00 a 8:00 am y luego se recomendó realizar dos alimentaciones más, una al medio día y entre las 2:00 y 4:00 pm.

El único costo que se adscribió al uso de la carne es el de guardarla y prepararla--para usar en fresco o descongelada--en un tamaño suficiente para que los camarones pudieran consumirla en función de una buena distribución en comederos y que no se diluyera en el

agua. Se recomendó eliminar las escamas y la cola para facilitar el proceso del molido. La comida era colocada en comederos hechos con palanganas o con aros de estañón plástico con un fondo de sarán y un peso por debajo para que no se volcaran hacia los lados.

A partir del momento en que los camarones fueron trasladados a las jaulas de engorde pasaron a ser alimentados con alimento fresco a una relación de 8 g peso fresco: 1 g de crecimiento. Estos valores fueron predeterminados en parte revisando la literatura, donde, por ejemplo, se utilizó una tasa de conversión alimenticia (TCA) de 6,52 para el mero (Leung et al., 1999), mientras que para el camarón tigre (*P. monodon*) cultivado en estanques de agua dulce alimentado con residuos de pescado se utilizó una TCA de 4,75; por supuesto, dependiendo en gran medida en la alimentación generada *in situ* (Edwards et al., 2004). Para corroborar esto, se realizaron como parte de esta investigación dos ensayos de alimentación que se llevaron a cabo comparando 8 g de alimento fresco contra 2 g de alimento concentrado suministrado por 1 g de crecimiento de los camarones. Cada prueba de los ensayos estuvo compuesta de 50 camarones colocados en un estañón de plástico por cada repetición, los cuales se mantuvieron creciendo por dos meses aproximadamente, iniciando con un peso de alrededor de 2,0 g hasta alcanzar los 10,0 g y con tres repeticiones por cada uno de los dos tratamientos.

Los muestreos para evaluar el crecimiento y llevar un control de los camarones manejados por los HMC se realizaron cada 15 ó 21 días y se compusieron de dos o tres capturas independientes de los animales con una red o "scoop", de los cuales se pesaban de 20 a 100 camarones. Se midió la longitud total de los camarones y se observó en general el estado de salud aparente y el comportamiento. De igual forma la evaluación de las jaulas y del manejo que se estuviera llevando hasta ese momento se considera como

parte del seguimiento, y de ser necesario se aconsejaba a los productores para que mejoraran el cultivo. La toma de muestras para el rendimiento, la densidad y la mortalidad consideraron a la totalidad de los individuos en la jaula, por lo que se realizaba cuando se hacía un traslado o en el momento en que se cosechaban.

Las recomendaciones brindadas incluyeron la limpieza del fondo de las jaulas una o dos veces por semana para evitar la acumulación de alimento o materia orgánica y de otros residuos como animales muertos y mudas, que además de contaminar el agua pueden atraer peces o jaibas que por tratar de alimentarse desde afuera de estos desechos pueden dañar la integridad de la malla. Además, se recomendó la limpieza de las paredes de las jaulas con regularidad con el fin de eliminar la lana y evitar el crecimiento de choras (*Mytilus guyanensis*) y abrojo (*Megabalanus spp.*), además de otros organismos incrustantes que reducen el paso del agua y aumentan el peso de la jaula, entre otras dificultades.

Los datos de crecimiento y rendimiento aquí presentados se obtuvieron de 19 eventos de crecimiento, ubicados en diferentes lugares del Golfo. La venta del camarón así producido se hizo bajo dos modalidades. La primera fue la venta para su consumo, cosechando animales con peso ≥ 12 g. La otra, no excluyente de la primera, fue la venta de camarón como carnada viva a partir de los 4 g.

2.6 Policultivo con ostra

Con el fin de aprovechar aún más el volumen dentro de las jaulas, se añadió en policultivo la ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*) suspendida por medio de guindantes o “calcetines” (Figura 3) hechos de sarán o de malla de nylon del tamaño adecuado para

mantener las ostras, lo que además aumentó la superficie disponible para “ramonear” para los camarones, o para caminar.

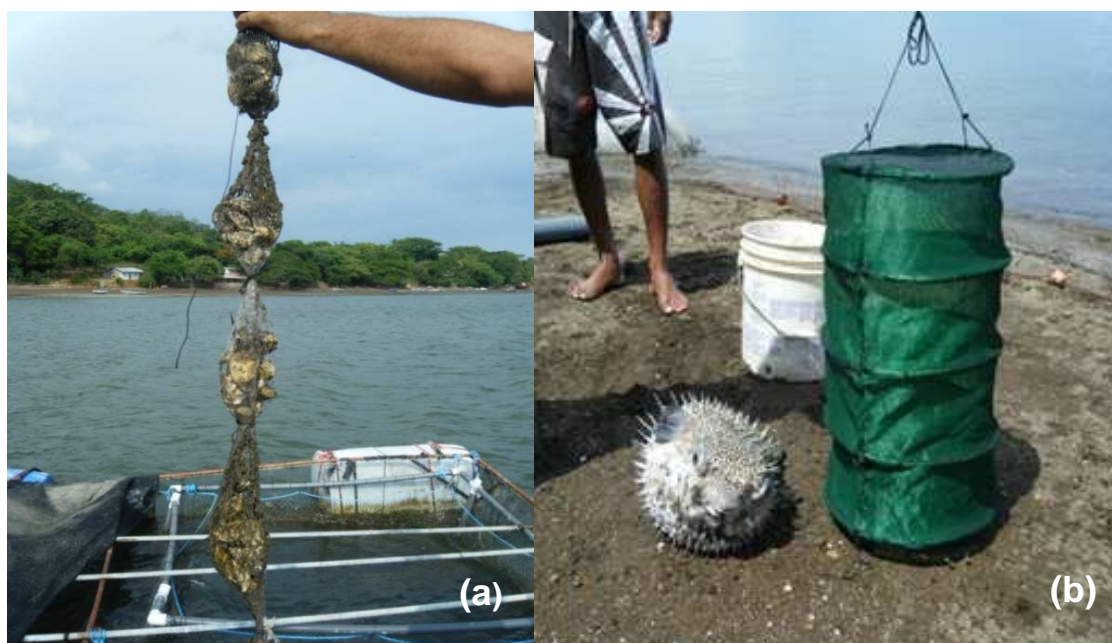


Figura 3. Ejemplo de guindante utilizado dentro de las jaulas (a) y linterna sencilla para ostras (b). Se muestra también en 3b un pez globo, que se alimenta de bivalvos (una de las razones por la que se protege las ostras en monocultivo, lo cual no es un necesario cuando están dentro de una jaula con camarones).

El uso de la malla para las ostras en los guindantes, como todo mecanismo de protección de la ostra, fue posible debido a que los guindantes se colocaban dentro de las jaulas, que funciona de la misma forma que el método de la linterna (Figura 3b), empleado para darle protección a los animales además de suspensión. El costo de fabricar estos guindantes fue muy bajo y el tiempo invertido en cada uno es menor que en una linterna.

La semilla de ostra se obtuvo como cortesía de la Universidad Nacional. Estas fueron brindadas luego a los colaboradores del proyecto. La sobrevivencia esperada de acuerdo a la literatura (JICA, 2009) y la experiencia, es del 30% al momento de la cosecha.

Entre los cuidados que se recomendaron para el manejo de la ostra, se incluye una limpieza semanal que debe ser hecha suavemente frotando las ostras dentro del guindante, incluso un lavado moderado con un cepillo plástico (para la eliminación del “fouling” o lana y otros organismos pequeños que pudieran estar creciendo en ellas). También se pusieron las ostras en agua dulce y/o fueron dejadas fuera del agua durante varias horas para generar el efecto de limpieza de organismos como ectoparásitos intolerantes al agua dulce o la exposición prolongada al aire, ambos procesos no afectan a las ostras.

Cada tres o cuatro semanas, todas las ostras fueron sacadas del agua, para ser limpiadas, medidas y evaluadas. En promedio, teniendo en cuenta varias consideraciones y pruebas preliminares, se buscó llevar a cosecha a 100 ostras / m² de las jaulas, colocadas en los guindantes de 0,7 a 1,2 metros de longitud sujetos del techo de la jaula, con una densidad de aproximadamente un guindante por cada m².

Se realizó un ensayo poniendo bolsas de malla sarán conteniendo ostras juveniles dentro de jaulas con o sin camarones, utilizando tres repeticiones, con valoración semanal durante 5 semanas de la apariencia de las bolsas (asignando un porcentaje de cobertura de lana o “fouling” sobre la superficie de cada bolsa).

2.7 Análisis financiero

El camarón fue vendido de dos formas principalmente: como carnada viva cuando alcanzó un peso de 4 g en adelante, con un valor por cada 100 animales de entre los US\$ 7 y 10 de acuerdo al tamaño. Estos se vendieron a los pescadores de la zona o incluso de lugares lejanos como la isla San Lucas o Venado y/o a tours de pesca. La segunda opción fue que los camarones se mantuvieron hasta alcanzar pesos de 12 g en adelante y se

vendieron como producto para consumo humano por kilogramo, a un precio alrededor de los US\$ 5 / kg.

El análisis financiero consistió en evaluar varias modalidades de producción de camarón (para consumo, carnada o ambos), sobre la base de una secuencia de tres jaulas (uno para la primera etapa de crecimiento, una para la segunda etapa, y dos, más grandes, para la tercera y última etapa de cultivo). Esta modalidad permite cosechar mensualmente 72 kg de camarón de 12 g comenzando al final del cuarto mes. Además se incluyó en algunos casos la cosecha de dos mil camarones a partir del comienzo del tercer mes para la venta como carnada. Se introdujo una variación en el costo de alimentación, al producirlos totalmente o no con alimento concentrado vs alimento fresco después de alcanzar 0,1 g. Para efectos del análisis se dio un valor a la manipulación del alimento fresco de US\$ 0,05 / kg, mientras que el costo del alimento concentrado (Nicovita 30%) es de US\$ 0,82 / kg.

El sistema de producción se basó en la utilización de una jaula de 2 m³ efectivos (efectivos significa que se encuentran sumergidos dentro del agua) para PL hasta 0,1 g durante alrededor de 28 días. Posterior a esto se trasladan los animales a otra jaula de 5 m³ efectivos hasta alcanzar 2 g en promedio en los siguientes 30 días y finalmente se colocan éstos en una jaula de 23,4 m³ efectivos hasta que alcanzan su peso final de 12 g en alrededor de 63 días. Esto equivale a un total de 122 días, lo que permitiría alcanzar hasta tres ciclos de producción por año.

Para implementar este sistema es fundamental la sincronía con el tiempo de crecimiento de los camarones que se estableció previamente para cada etapa. Esto permite que se logre desocupar cada una de las jaulas antes de que se tengan que trasladar los animales a la jaula siguiente. En el caso de la jaula final el tiempo de cultivo es aproximadamente

dos meses, es por esto que se utilizan dos jaulas, para contar con una desocupada cuando se trasladan los animales de la etapa intermedia a la final.

Se añade para el análisis el cultivo de ostras en las dos jaulas grandes (tercera etapa), teniendo en cuenta solamente los costos de los guindantes y de las ostras (estimado en US\$ 8 / 1000 ostras de 4 mm). Estos costos fueron comparados con costos de monocultivo en suspensión de ostras utilizando linternas. Asimismo, dada la alta variabilidad en la mortalidad de ostras se utilizó una sobrevivencia del 30%, lo cual además funciona como un factor de seguridad para el análisis financiero.

Las ostras se venden a US\$ 0,40 cada una, frescas, depuradas generalmente con un sistema de rayos ultravioleta, se limpian externamente y se llevan a baja temperatura principalmente a la capital y zonas costeras a hoteles y restaurantes de mariscos.

Para cubrir los costos de construcción de las jaulas, o linternas en caso del monocultivo de las ostras, más fondos y amarres, además del 25% de los costos compartidos de una balsa flotante para el cuidado y los costos variables de producción para los primeros meses (cuatro de camarón y de seis para ostra) y cualquier imprevisto, se consideró un préstamo hipotético a interés del 10% anual durante tres años.

Además se contó con un costo de mantenimiento igual a la mitad del pago mensual del préstamo a partir del quinto mes para el camarón y del sexto mes para las ostras. La depreciación total para las jaulas fue de tres años. Para la venta de camarones como carnada se tomó en cuenta los costos adicionales –compra de semilla y alimentación-- correspondientes a tener más animales.

A excepción de mano de obra especializada, tales como la soldadura, no se adscribió valor alguno a la mano de obra en el análisis financiero, ya que se consideró como una contribución de los participantes. Por lo tanto, cualquier beneficio financiero debe ser

considerado como un pago o retribución por el tiempo que cada familia ha invertido en la fabricación de jaulas, producción, cosecha, venta y otras actividades como el cuidado y limpieza.

3. RESULTADOS

3.1 Generalidades

En términos generales, los camarones cultivados en jaulas tuvieron un buen crecimiento, sobre todo considerando que la producción fue implementada por diferentes grupos de pobladores costeros en distintas localidades con manejos a menudo desiguales. Los resultados obtenidos de 19 eventos de producción diferentes, que fueron seguidos durante todo el ciclo de producción, variaron principalmente de acuerdo a la forma en que fueron vendidos los camarones y si incluyeron cultivo de ostra.

No se observó ningún problema técnico generalizado o considerable que fuera denunciado o detectado para el total de 33 jaulas de engorde que operaron en algún momento, salvo por descuidos en el mantenimiento o en la revisión constante de las jaulas, fondos y líneas de sujeción por parte de los involucrados, provocando algunas veces que se perdieran los camarones. En las Figuras 4 y 5 se aprecian Huertos Marinos Comunitarios manejados por los pobladores de las zonas costeras.



Figura 4. Vista de un Huerto Marino Comunitario con 22 jaulas de camarones. Morales, 2010.



Figura 5. Huerto Marino Comunitario, Costa de Pájaros. Manejado por pobladores costeros, realizando labores diarias como alimentación y revisión de las jaulas, 2011.

El mayor problema social que se encontró fue el robo y el vandalismo, siendo común encontrar que faltaban la mayoría de los camarones de una jaula, incluso cuando se suponía que alguien estaba cuidando. Por supuesto, esto ocurría únicamente cuando los camarones alcanzaban un tamaño suficiente para ser de utilidad. En algunas ocasiones se encontró un hueco hecho aparentemente con un cuchillo para sacar los camarones, pero otras veces simplemente los camarones desaparecían de un día para otro y no se encontraban cuando llegaban los participantes en la mañana siguiente para alimentarlos. También ocurrió que se encontraron jaulas hundidas parcialmente debido a que se llevaban algunas de las boyas.

Los períodos de veda provocaron que los camarones se quedaran sin alimento y fueran sacados de sus jaulas para ser vendidos o consumidos por las familias de los participantes, independientemente de su tamaño. Posterior a cada veda varios de los grupos se sintieron desalentados para volver a iniciar la producción de camarón. Pese a esto, algunos miembros de los grupos reiniciaron nuevamente por sus propios medios. Por esta razón se reconsideró el uso de alimento balanceado para suplementar faltantes, principalmente durante las vedas.

La transferencia de la tecnología resultó ser relativamente sencilla ya que las personas involucradas tenían la mayoría de las habilidades necesarias y además se consideró que se requiere poca preparación específica para construir e instalar las jaulas. Sin embargo, en muchos casos los productores se mostraron reacios a aplicar con regularidad las tareas diarias necesarias para alcanzar un crecimiento óptimo del camarón.

Por lo anterior, el seguimiento fue desde que los grupos colocaron por primera vez sus jaulas en el sitio seleccionado e iniciaron con el cuidado, aun cuando todavía en los primeros días no se tuvieran animales. Con la llegada de las PL el proceso de producción de camarón empezó con la etapa de mayor cuidado, ya que es ahí donde se tenían que alimentar con mayor frecuencia hasta que fueran trasladadas a las jaulas de engorde. A pesar de que la alimentación diaria fue un problema menor y se cumplió de una manera relativamente constante, las cantidades adecuadas en algunas ocasiones no se calcularon correctamente, principalmente para las PL, lo cual probablemente provocó tanto una sub o sobrealimentación, generando situaciones de canibalismo y/o de acumulo de materia orgánica en el fondo de las jaulas. La acumulación de residuos de alimento y heces en el fondo de las jaulas de PL, fue el principal problema encontrado entre los grupos y se convirtió en un problema grave durante el seguimiento, pues condujo a una elevada mortalidad en varios casos por hipoxia y putrefacción.

Posterior a la etapa de PL y con el crecimiento paulatino del camarón, el tiempo que demandó el cultivo fue menor pues la frecuencia de alimentación se redujo pero el cuidado se volvió más estricto al ser más codiciados los camarones por su mayor tamaño, siendo objeto de robo. También, se incentivaron opciones de agregación de valor, como la venta del camarón en ceviche o camarón seco, todo ello en un contexto de un adecuado manejo post cosecha.

3.2 Selección de sitio

Para implementar el cultivo de camarón se usaron con éxito y sin notables diferencias entre ellos, la variedad de sitios descrita en la Figura 1 dentro del Golfo de Nicoya, que presenta distintas condiciones de agua, corrientes y acceso, lo cual indica que el camarón tiene un considerable rango de adaptación. Asimismo fue adecuado colocar las jaulas cerca de la costa ya que permitió que los grupos que no poseían motores pudieran desplazarse en botes con remos o “canaletes” hasta las jaulas, como fue el caso en algunas ocasiones con mujeres, personas mayores y jóvenes, u otros que no contaban con motor para realizar las tareas diarias de mantenimiento y alimentación. Este fue el caso en Palito en Isla Chira donde incluso la corriente de las mareas era muy fuerte. Esto dificultaba que el grupo, en este caso constituido por solo mujeres, pudiera llegar con facilidad hasta las jaulas, ya que no contaban con motor propio y tenían que hacerlo remando. Esto fue así porque donde se les autorizó colocar las jaulas, en acuerdo con la asociación de pescadores de la zona, era un poco retirado de donde vivían (Figura 6).

Con respecto a los lugares seleccionados en Morales, Punta Morales y Costa de Pájaros se encontraban cercanos a la costa e incluso las jaulas podían ser vistas desde la orilla durante el día. En ninguno de los lugares existieron problemas con la navegación de las

embarcaciones o interfirieron con las zonas de pesca. Al contrario, los involucrados reportaron una mayor pesca alrededor de las jaulas, situación que no ocurría anteriormente.



Figura 6. Primer grupo de producción de camarón, constituido únicamente por mujeres. Palito, Isla Chira, 2008.

En la localidad de Chomes, propiamente en el estero, le ocurrió a un productor dos eventos de mortalidad total de los camarones, que los lugareños atribuyeron a los desechos de las prácticas agrícolas que se realizan tierras más adentro, lo cual coincidió con el avistamiento de peces y otros organismos acuáticos muertos en el estero.

3.3 Jaulas y anclaje

La construcción de las jaulas fue llevada a cabo por los mismos involucrados de cada grupo, de una forma rápida y sencilla, siendo la costura de la malla lo más lento en hacer pero que no se tardaba más de un día en realizarse cuando participaban varios miembros de cada grupo. La construcción de la balsa llegó a tardar 2 ó 3 días, dependiendo de la complejidad con que se realizó. En el sistema de anclaje lo que más tiempo requirió fue esperar el endurecimiento del concreto, ya que la colocación se realizó en el transcurso de pocas horas.

Se utilizaron distintos tipos de malla para diferentes estadios de crecimiento del camarón de acuerdo a la apertura de la luz de la malla. Esto fue determinado previamente por medio de pruebas con jaulas pequeñas donde se mantenían los camarones por varias semanas con la malla de interés para evaluar si no se salían de las jaulas. Con esto, se logró determinar el tamaño mínimo que deben tener los camarones para evitar su escape de la jaula con cada tipo de material. Un punto importante de estas pruebas es que las mallas tienen distintos precios, por ejemplo la malla raschel de multifilamento tiene un valor de US\$ 3 / m² mientras que las de monofilamento de nylon oscilan alrededor de US\$ 0,5 a 1 / m², lo que permitió tomar medidas de manejo y costo al construir las jaulas.

Con respecto a los materiales empleados para la construcción de las jaulas, fueron más resistentes las de varilla de metal como se observa una muestra en la Figura 7, a pesar de que se herrumbraron superficialmente con facilidad por el agua de mar. Como consecuencia, se les cubrió con resina y se envolvieron con neumático para evitar o retrasar el contacto con el agua y además de disminuir el roce con la aspereza del metal. Con esto se logró mantener en funcionamiento jaulas de varilla de hierro soldada por más de tres años a la fecha, con leves reparaciones semestrales. Estos cuidados también

hacen que su costo sea el más elevado, además de que se necesita mano de obra especializada para soldar la estructura.



Figura 7. Jaula de 18 m² de varilla de hierro soldada. La jaula alojó un policultivo de ostras y camarón. Al fondo, vista de otras jaulas de un huerto marino, 2009.

Las jaulas de PVC como la de la Figura 8 son fáciles de construir, pues simplemente se requiere cortar los tubos en las medidas correctas y unirlos con pegamento por medio de Ts y codos. Como mecanismo de seguridad se atravesó un mecate dentro del tubo amarrándolo en sus extremos con el fin de que funcione como un esqueleto, para que en el caso de que se rompa un tubo no se desprenda o se pierda, además las uniones se recubrieron con fibra de vidrio para darle más fortaleza a esa zona. Sin embargo, con el paso de los meses, en caso de estar el PVC expuesto al sol, este se volvió frágil y

cualquier golpe o presión a la jaula provocaba su ruptura (causadas principalmente por botes que se acercaban a realizar las tareas diarias como la alimentación).



Figura 8. Jaula construida con marco de PVC de 63,5 mm. Puede observarse la “chispa” puesta en el extremo superior de la varilla de madera para que sea vista durante la noche, así como la banderola roja para aumentar visibilidad durante el día.

Las jaulas de madera, palos o bambú mostraron una menor resistencia en comparación con la de metal pero fueron más baratas y fáciles de hacer por cualquiera, sin necesidad de contar con equipo de soldadura o de tener que comprar materiales costosos como tubo de PVC, ya que incluso se aprovecharon materiales que se consiguieron en la zona. En las Figuras 9, 10 y 11 se muestran jaulas con marcos de madera, bambú y palos, respectivamente.



Figura 9. Jaulas para post larva. Con malla antiáfidos y marco de madera, siendo construida por los participantes. Punta Morales, 2009.



Figura 10. Jaula con marco de bambú y malla raschel, diseño propio de productores. Amarrada con cuerdas y mecates, para el engorde de camarón. Morales, 2010.



Figura 11. Jaula con armazón de palos y malla raschel, diseño propio de los productores. Costa de Pájaros, 2009.

El tipo de madera influye en la vida útil del marco, pero diversos modelos implementados mostraron que pueden resistir fácilmente la tensión de las corrientes, por uno o más ciclos de producción, sugiriéndose un cambio del marco una vez al año rescatando la malla, boyas y otros componentes. Entre los cuidados que se tuvo fue cubrir con resina el marco de las jaulas minimizando el contacto con el agua y con esto el que organismos penetren dentro de la madera debilitando la estructura. Se utilizó cuerda o mecate para amarrar los palos, ya que los tornillos o clavos se herrumbraron en poco tiempo, además de que rajan la madera, y ponen así en peligro la integridad de la jaula.

Tras varias pruebas con diversos cierres y tapas, las entradas a las jaulas se hicieron por medio de una “manga” en la tapa de un ancho suficiente que se pudiera abrir para realizar cualquier actividad necesaria, incluyendo introducirse una persona en la jaula a través de ella, así como la limpieza, revisión y alimentación y raleos o cosecha de los animales, teniéndose la ventaja de que se puede cerrar y abrir de manera rápida, fácil y segura con un nudo (Figura 12).



Figura 12. Entrada de una jaula en forma de manga.

Las casetas de cuidado fueron construidas con materiales que se pueden encontrar en la zona y su complejidad varió de acuerdo a cada HMC. Se incluyeron principalmente estañones para la flotabilidad, madera y láminas de zinc para la estructura central y el techo. Las casetas tuvieron una vida útil hasta la fecha de más de un año ayudada por el mantenimiento que se realizó cada seis meses, al reparar o cambiar partes que

estuvieran dañadas y eliminar la lana o “fouling” y los organismos incrustantes que crecieron en las superficies en contacto con el agua. En casetas con más de un año se comenzó a notar no solo herrumbre sino también corrosión de las láminas de zinc del techo, producto del salpique y agua de mar llevada por el viento (Figura 13).



Figura 13. Dos distintos diseños de casetas. Utilizadas para trabajo diario y cuidado durante la noche en los Huertos Marinos Comunitarios, 2009.

3.4 Crecimiento del camarón

Los datos de crecimiento del camarón se recopilaron con seguimiento de 19 eventos de crecimiento en jaulas manejadas por pobladores de las diferentes comunidades a partir del 2008.

En la Figura 14, se muestra la curva de crecimiento del camarón a través del tiempo donde se registra el crecimiento de hasta 35,4 g de peso. Se observa una primera fase exponencial hasta un peso de poco más de 1,0 g ($r^2 = 0,917$ **, $P < 0,01$), luego de esto el crecimiento entró en una fase lineal hasta los 18,0 g ($r^2 = 0,944$ **, $P < 0,01$) que fue seguido por una disminución en la tasa de crecimiento, también lineal, hasta los 35,4 g reportados ($r^2 = 0,987$ **, $P < 0,01$). Utilizando la ecuación de la primera fase lineal de crecimiento, es decir una tasa de crecimiento de 1,05 g / semana, desde 1,0 hasta 18,0 g,

se puede obtener un peso de 12 g por camarón en 121 días, que es común para esta especie (por ejemplo, Lombardi et al., 2006; Zarain-Herzberg et al., 2006).

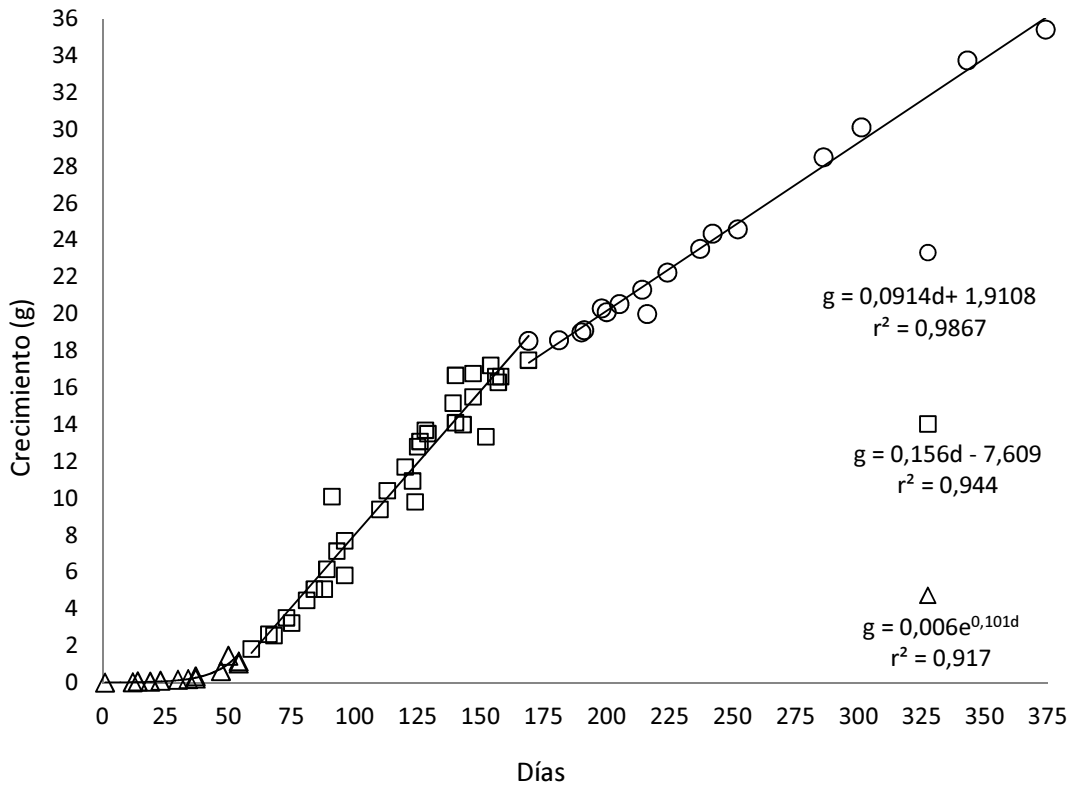


Figura 14. Tasa de crecimiento de camarón (g / día) cultivado en jaulas.

La tasa relativa de crecimiento (gramos por día de incremento en peso por gramo de peso existente), se explica por una relación logarítmica (Figura 15). Se observa un rápido descenso de cerca de 0,1 g / d / g en las primeras etapas, estabilizándose en una fase casi lineal, disminuyendo desde alrededor de 5 g hasta acercarse asintóticamente a casi cero en 35 g.

Existe una clara relación entre la longitud de los camarones (mm) con su peso (g), determinándose primero para longitudes de 6 a 40 mm con un $r^2 = 0,998^{**}$ y además en general para longitudes de hasta 169 mm con un $r^2 = 0,992^{**}$ (Figura 16).

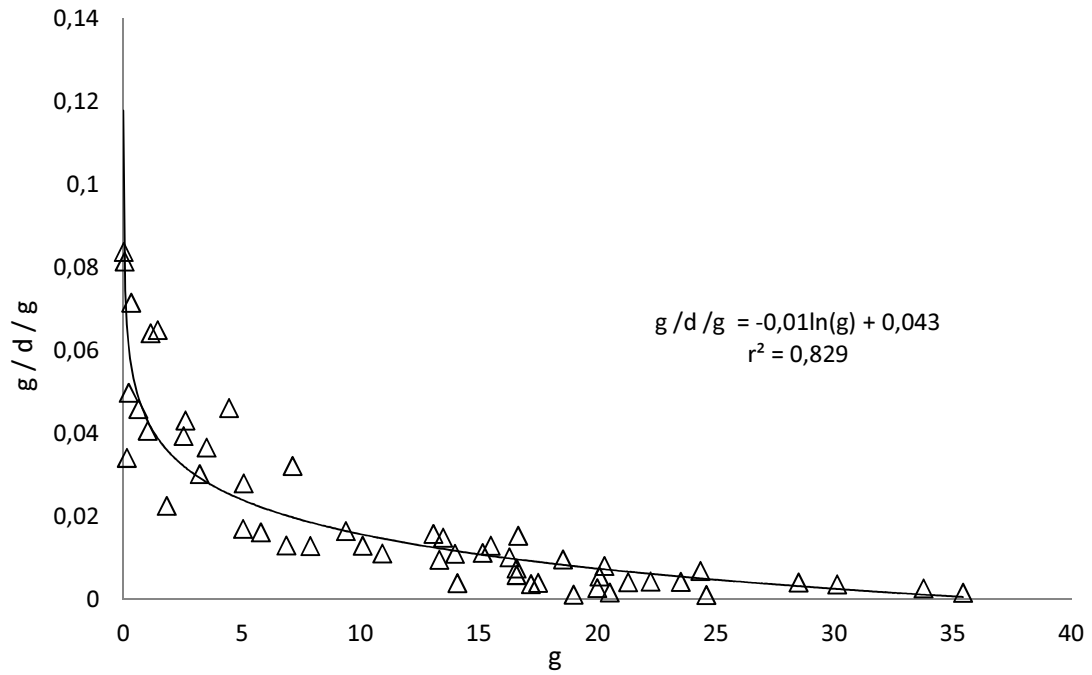


Figura 15. Tasa de crecimiento relativo del camarón cultivado en jaulas.

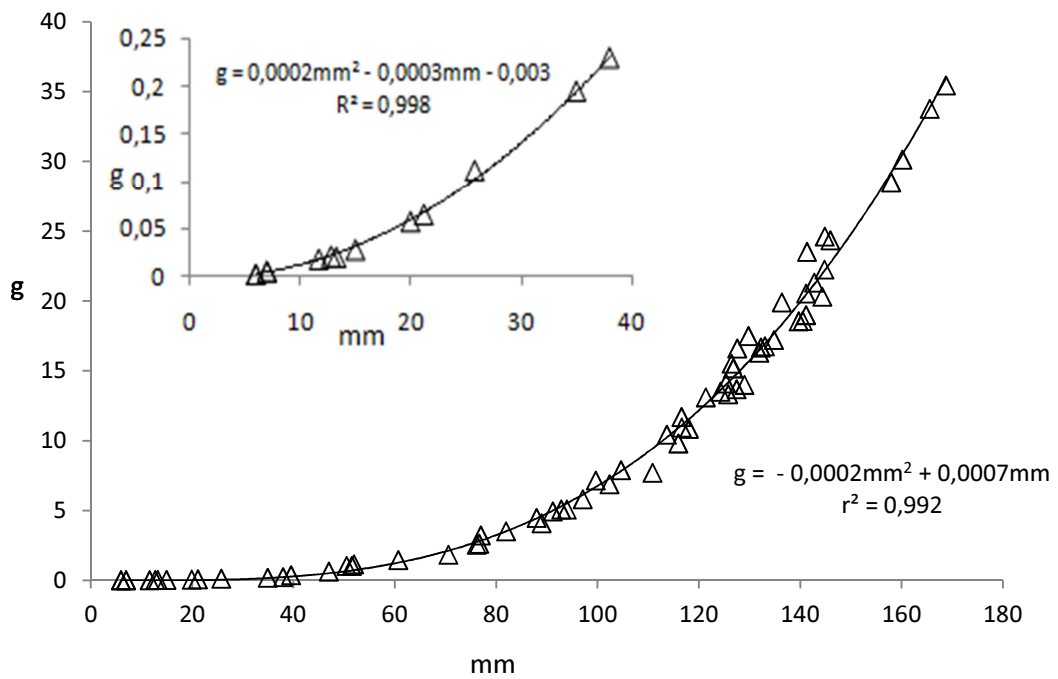


Figura 16. Relación de longitud total (mm) vs. peso (g) del camarón.

La relación entre el peso de cada camarón durante la cosecha (g) y la densidad óptima máxima (número de animales / m³) fue altamente significativa (Figura 17). Con esta relación obtenida de eventos productivos exitosos con alta densidad, se logra calcular la densidad máxima u óptima para estas condiciones de animales por m³ que se pueden tener de acuerdo a su tamaño. Esta sirve como una herramienta técnica para tomar decisiones de manejo, alimentación y estimación de poblaciones.

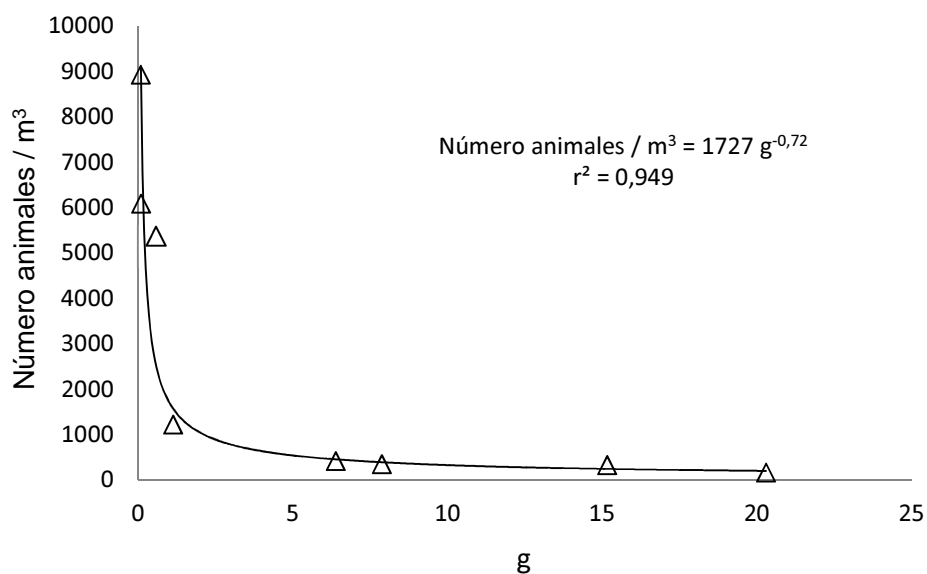


Figura 17. Relación entre peso (g) y densidad máxima de camarones (número de animales / m³).

Para los ensayos de alta densidad donde fue cuantificado el número total de camarón / m³ que se consideró óptimo o máximo para estas condiciones, se obtuvieron valores de número de animales / m³ entre 79 211 a 0,005 g (PL12) y 130 camarones a 35,4 g. La significativa relación obtenida posiblemente está relacionada al volumen o espacio que ocupa cada animal, lo cual se aproximó calculando el área corporal estimada del cuerpo

del camarón, que tuvo una media de $1,63 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ ($\text{DE} = 0,21 \text{ m}^2 / \text{m}^3$) con un rango de 1,3 a $1,9 \text{ m}^2 / \text{m}^3$, para cualquier tamaño desde PL 12 hasta 35,4 g.

La mortalidad del camarón así producido fue determinada en dos etapas: la primera de PL hasta 0,1 g, que fue en promedio de 18,10% ($\text{DE} = 6,50\%$), y la segunda posterior a 0,1 g donde la mortalidad fue determinada en 0,28% / d ($\text{DE} = 0,08\% / \text{d}$), lo que brinda una sobrevivencia de 59,7% desde PL 12 para camarones cosechados a los 12 g.

3.5 Alimentación

La alimentación mostró que no presenta ningún problema cuando se usa alimento fresco (subproductos de la pesca), lo cual se atribuye a los hábitos carnívoros y carroñeros de los camarones. Fue común observar los comederos con multitud de camarones alimentándose con trozos y restos de pescados un par de minutos después de poner el alimento. Asimismo, los participantes prefirieron utilizar este producto en vez del alimento balanceado porque, aparte del precio de este último, se lograba conseguirlo con más facilidad y su disponibilidad era constante, además de que no tenían que trasladarse grandes distancias para obtenerlo, ya que por lo general ellos mismo lo traían de sus faenas de pesca o lo conseguían de vecinos que pescan.

Se prefirió ofrecer el alimento en los cambios de marea o en los momentos en que la marea no estuviera con su mayor fuerza con el fin de evitar que la corriente sacara el alimento del comedero.

Además, se consideró importante, sobre todo para las producciones de más alta densidad, dar una adecuada distribución del alimento dentro de la jaula, por lo que se colocaron varios comederos en diferentes lugares con el fin de evitar los efectos de la

competencia mediante el cual los camarones más grandes se apropian del acceso a las fuentes de comida, propiciando que se dé una gran proporción de animales pequeños y débiles. Incluso se observó en ocasiones que algunos de los participantes colocaban las carcasas o restos de pescados enteros dentro de bolsas de malla de pesca, que ellos mismos fabricaban y los ponían guindando dentro de las jaulas con camarones, en vez de utilizar comederos tradicionales (Figura 18).



Figura 18. Camarones alimentándose de restos de pescado dentro de una jaula.

Se comprobó que una adecuada alimentación desde el inicio del ciclo con las PL y en el engorde fue importante para alcanzar los pesos y tallas para la venta. Pero el manejo de los animales especialmente durante los raleos, también mostró que podía retrasar el crecimiento por una o dos semanas. Por lo que los raleos así como traslados de jaula deben hacerse con la menor frecuencia posible y de una manera rápida y delicada. Los

animales conforme tenían un mayor tamaño mostraron ser más susceptibles al manejo, lo cual fue determinado en parte tanto por alguna mortalidad como porque dejaron de comer por algunos días.

Los dos ensayos de alimentación para determinar si existía alguna diferencia en el crecimiento de los camarones entre las dos dietas, alimento balanceado vs alimento fresco, no mostraron diferencias significativas (Prueba t; $P < 0,05$). Esto permitió comprobar que es factible alimentar los animales con subproductos de la pesca y que se pueden esperar rendimientos iguales a los que se dan con el alimento balanceado a estas tasas. Fue interesante notar que los camarones que se les suministró alimento balanceado tenían un color más oscuro que los alimentados con alimento fresco.

En jaulas donde la alimentación era deficiente se consideró que los camarones estaban más propensos al canibalismo, lo cual se da especialmente durante el momento en que los animales entran en el proceso de la muda (Figura 19).



Figura 19. Canibalismo o autofagia dentro de las jaulas.

Como nota interesante respecto a la alimentación, algunos participantes mezclaban un diente de ajo por kilogramo de alimento, por iniciativa propia durante períodos cortos, principalmente durante épocas de fuertes lluvias. Esto se debió a que en ocasiones aparecieron manchas (blancuzcas que luego se necrotizaban) en la cutícula de algunos camarones acompañadas a veces de lesiones de menor importancia. Estas manchas desaparecieron en todos los casos por su propia cuenta después de dos o tres semanas de suministrarse o no ajo con el alimento, aunque estos períodos significaron un retraso en el crecimiento.

3.6 Policultivo con ostra

Las ostras producidas dentro de las jaulas de camarón (Figura 20) alcanzaron una talla comercial promedio de 70 mm de longitud en 5,4 meses; con una tasa de mortalidad muy variable de 43,2% (DE = 21,3%) a partir de semillas de 4 mm. El cultivo de ostras agregó del 106 a 222% de superficie interna adicional por jaula, al parecer sin obstaculizar el movimiento de los camarones, más bien aparentemente facilitándolo en la forma habitual de estos animales (Figura 21). Teniendo en cuenta las paredes y el área de fondo de estas jaulas pequeñas, que tienen comparativamente una alta relación superficie / volumen, la adición de guindantes de ostras en jaulas de mayor tamaño, con menor relación superficie / volumen, podría tener mayor impacto. Como se indicó y fue corroborado reiteradamente por observación (Figura 22), el camarón utilizó estas superficies para caminar, al parecer alimentándose de las algas que crecen sobre las ostras y de otros organismos que viven alrededor de ellas.



Figura 20. Ejemplares de ostras (50 mm) en crecimiento dentro de las jaulas en asocio con camarones.



Figura 21. Camarones en asocio con bivalvos dentro de una jaula.



Figura 22. Camarones interactuando con los guindantes de bivalvos. Se puede observar como los camarones “ramonean” en la superficie de los guindantes, lo que aporta alimento extra dentro de la jaula.

A pesar de que no logró determinarse diferencias en crecimiento o mortalidad de camarones con o sin ostras en asocio, aparte de la interacción ya indicada, se encontró que bolsas de malla de sarán con ostras juveniles colocadas dentro de jaulas con camarones tenían un porcentaje de cobertura por fouling significativamente inferior, 20%, que las colocadas en jaulas similares pero que no tenían camarones, 90% (Prueba t; $P < 0,01$; Figura 23). Se logró así determinar un efecto posiblemente favorable del policultivo en la alimentación de los camarones, aunque fuera únicamente debido a que se estaba proporcionando más superficie para el crecimiento de esta lana o fouling.

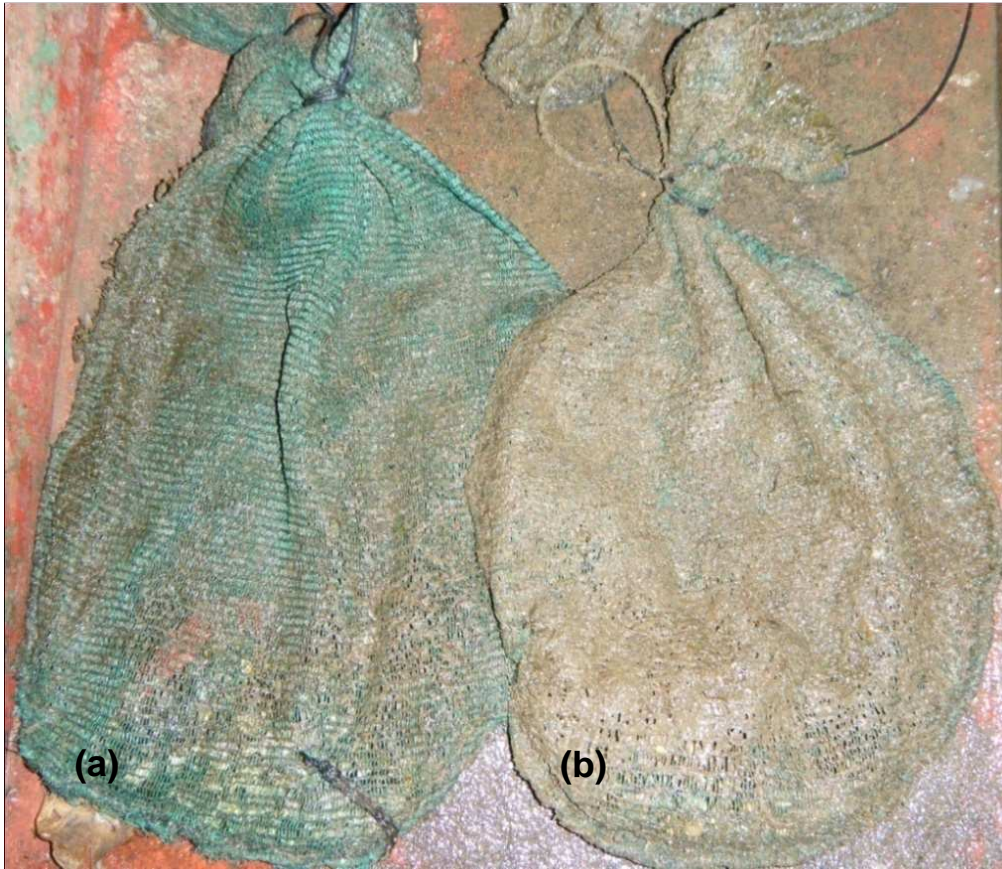


Figura 23. Bolsas con ostras juveniles. Se muestra la diferencia en limpieza entre una bolsa dentro de una jaula con camarones (a) y otra en una jaula sin camarones (b).

Un aspecto relacionado a la actividad alimenticia del camarón en función de la presencia de ostras y otros organismos, es que en jaulas que contenían solamente ostras se desarrolló en más de una ocasión una fuerte plaga de isópodos. Esta hace sumamente incómodo el trabajo en el agua, ya que estos organismos en poco tiempo cubren el cuerpo de cualquier persona dentro del agua, causando picazón e irritación de la piel. Sin embargo, al introducir camarones en las jaulas infestadas se logró que la plaga desapareciera completamente en pocos días para nunca reaparecer mientras hubiera camarones.

3.7 Análisis financiero

En el Cuadro 2 se presentan 13 diferentes escenarios financieros que se calcularon según se describió anteriormente para evaluar cómo diversas variables de relevancia, a saber tipo de alimento, forma de venta del camarón y el policultivo con ostra, modificaban la utilidad del sistema.

Al considerar solo la venta del camarón para consumo, que fue alimentado únicamente con el alimento balanceado, se obtiene una utilidad del -2,5% por año, pero cuando se emplea el alimento fresco pasa a un 9,7% y una ganancia mensual de US\$ 74,31. En el caso del sistema de monocultivo tradicional de ostras se obtiene un ingreso neto mensual de US\$ 58,19 con una utilidad por año del 10,7%. El monto del préstamo hipotético respectivamente para los tres sistemas es muy similar de US\$ 3100, 3000 y 2800. La diferencia en el alimento hace que sea menor el préstamo para los escenarios del camarón y en el caso de la ostra al no tener que alimentarse es un gasto que no se contempla, pero el valor de las linternas sí representa un costo de inversión alto para el monocultivo.

Al sumar a los escenarios la venta de camarón como carnada viva (venta de dos mil camarones por mes) la utilidad sube, tanto cuando se usa alimento balanceado como con alimento fresco a 12,2 y 29,8% respectivamente, y de igual forma aumenta aún más, cuando además de la venta como carnada se agrega la ostra (3600 ostras cosechadas cada 6 meses) pasando a 26,0 y un 45,3% respectivamente, lo que significa un ingreso neto por mes de US\$ 322,23 y 423,42 para cada unidad productiva. La mayoría de los costos de producción de la ostra se consideran marginales ya que, están cubiertos por el cultivo de camarón, excepto el costo de los guindantes que es menor que el de linternas y la compra de la semilla de la ostra, los cuales fueron contemplados en el análisis financiero.

Cuadro 2. Análisis financiero para diferentes modelos de producción de camarón en jaulas.

Escenarios	Monto del préstamo, US\$	Total egresos, US\$	Total ingresos, US\$	Utilidad operativa, US\$	Utilidad a los 3 años, %	Utilidad por año, %	Ingreso neto mensual, US\$	Ingreso neto mensual, ¢
1 Camarón para consumo con alimento balanceado	3.100	12.834,16	11.880	-954,16	-7,43	-2,48	-26,50	-13.252
2 Camarón para consumo con alimento fresco	3.000	9.204,77	11.880	2675,23	29,06	9,69	74,31	37.156
3 Ostra en monocultivo en linternas	2.800	6.545,27	8.640	2094,73	32,00	10,67	58,19	29.093
4 Camarón para consumo y carnada, con alimento fresco	3.000	9.415,77	17.820	8404,23	89,26	29,75	233,45	116.725
5 Camarón para consumo, con alimento fresco y ostra	3.200	11.006,88	20.520	9513,12	86,43	28,81	264,25	132.127
6 Camarón para consumo y carnada, alimento con fresco y ostra	3.200	11.216,90	26.460	15243,10	135,89	45,30	423,42	211.710
7 Camarón solo para carnada, con alimento fresco	2.700	9.180,47	23.760	14579,53	158,81	52,94	404,99	202.494
8 Camarón solo para carnada, con alimento fresco y ostra	2.900	11.021,27	32.400	21.378,73	193,98	64,66	593,85	296.927

Cuadro 2. Análisis financiero para diferentes modelos de producción de camarón en jaulas (continuación).

Escenarios	Monto del préstamo, US\$	Total Egresos, US\$	Total Ingresos, US\$	Utilidad operativa, US\$	Utilidad a los 3 años, %	Utilidad por año, %	Ingreso neto mensual, US\$	Ingreso neto mensual, ¢
9 Camarón para consumo y carnada, con alimento balanceado	3.200	13.058,25	17.820	4.761,75	36,47	12,16	132,27	66.135
10 Camarón para consumo, con alimento balanceado y ostra	3.300	14.002,66	20.520	6.517,34	46,54	15,51	181,04	90.519
11 Camarón para consumo y carnada con alimento balanceado y ostra	3.400	14.859,84	26.460	11.600,16	78,06	26,02	322,23	161.113
12 Camarón solo para carnada con alimento balanceado	2.800	11.241,78	23.760	12.518,22	111,35	37,12	347,73	173.864
13 Camarón solo para carnada, con alimento balanceado y ostra	3.000	13.082,58	32.400	19.317,42	147,66	49,22	536,60	268.298

Tipo de cambio: 1,00 US\$ = 500,00 colones

En los escenarios que se produce el camarón exclusivamente para carnada (ocho mil camarones por mes) se obtiene una mayor utilidad anual que cuando se produce para consumo humano, obteniendo un 52,9% alimentado con alimento fresco y un 37,1% con alimento balanceado y al agregar las ostras se alcanza una utilidad del 64,6% y 49,2% respectivamente, generando un ingreso neto mensual de US\$ 593,80 y 536,60. La alta rentabilidad que aporta el agregar la producción de ostras se logra pues tienen la ventaja de que el costo marginal de agregarlas a un sistema ya funcionando, sea en jaulas con camarón dentro de las cuales no ocupan mayor protección, es muy bajo.

Aunque no hubo diferencias significativas atribuibles al policultivo en el crecimiento de los camarones o de las ostras, se corrobora mediante este simple análisis financiero la existencia de grandes diferencias en la utilidad que adquiere el sistema al incluir o no las ostras. Por ejemplo, cuando se tienen camarones solamente para consumo, alimentados con alimento balanceado y alimento fresco, se tiene un valor de -2,5 y 9,7%, respectivamente, pero cuando se agregan ostras pasa a 15,5 y 28,8%.

Cuando se analiza cada uno de los sistemas, se nota claramente que cuando se varía la alimentación la utilidad siempre es mayor cuando se utiliza el alimento fresco. De igual forma sucede si se incluye una parte de los camarones como venta para carnada y aún más si se les vende únicamente para carnada. Sin embargo, se considera que la venta como carnada tiene un techo de mercado relativamente bajo, por lo que siempre está la opción de la venta para consumo humano si no se logra vender todos los animales como carnada.

4. DISCUSIÓN

4.1 Generalidades

En general, el cultivo de camarón fue fácil para todos los participantes y el seguimiento que se llevó a cabo mostró que se lograron obtener camarones para la venta incluso desde el primer ciclo de producción. La poca dispersión de los datos en la Figura 14, como se muestra por los valores de “ r^2 ” tan altos dentro de cada período de crecimiento, es indicativo de que los productores lograron crecimientos similares de sus camarones, lo que contribuye a favorecer la transferibilidad de la tecnología, puesta en manos de productores sin experiencia (Radulovich y Karremans, 1993).

El único problema generalizado fue el manejo inadecuado de las PL, algunas veces relacionado con la alimentación excesiva principalmente con alimento balanceado en polvo, pero sobre todo por la negligencia en la limpieza de las jaulas hechas con malla fina, situación que generó la mortalidad de la totalidad de los animales, hecho que fue fácilmente corregido posteriormente. Sin embargo, esta mortalidad de las larvas produjo entre otros problemas el que algunos participantes y otros no involucrados en la actividad llegaron a pensar que la tecnología no era buena o factible, a pesar de ver el éxito alcanzado por algunos de sus vecinos.

Por esta razón, una mayor capacitación y el seguimiento son necesarios para el manejo y cuidado de las primeras PL, en particular respecto a la molienda que se le hace al alimento para hacerlo en un polvo fino, y en la frecuencia, cantidad y método de alimentación (por ejemplo, primero se inicia dispersando el alimento en polvo en la superficie del agua y más adelante usando un comedero). El preparar el alimento en polvo y guardarlo en bolsas con las raciones adecuadas para suministrar por varios días resultó ser muy útil pues se ahorra tiempo y facilita las labores diarias de alimentación.

Ocurrieron además dos situaciones externas que actuaron en contra de la adopción de la tecnología. La primera de ellas es la veda total de pesca que empezó a ser impuesta por tres meses al año, lo que hizo casi imposible para los participantes el asegurarse subproductos de la pesca para alimentar los camarones durante este período. Esto produjo deserción en los grupos, incluyendo algunos que se consideraban ya con adopción tras más de dos ensayos consecutivos con sus propios recursos. Un problema en superar esta limitación es que la veda no se impone en los mismos meses de cada año, y hay apenas un aviso corto de un mes o menos antes de su inicio. Ante esta situación de falta de alimento fresco durante las vedas, el análisis financiero (Cuadro 2) mostró que es factible obtener una rentabilidad positiva usando alimento balanceado para la alimentación de los animales, sobre todo si es solamente durante estos períodos.

El otro problema para la adopción es que el robo y el vandalismo fueron un importante disuasivo para la adopción generalizada, ya que incluso la vigilancia constante no siempre fue efectiva, porque el robo al parecer se produjo entre los mismos vecinos y los vigilantes fueron acusados a menudo de la desaparición de los camarones de las jaulas. Esto deja ver que el factor social es un elemento muy importante a considerar en este tipo de sistemas de producción que integra varios grupos de personas o familias, ya que elementos como la confianza, solidaridad y la responsabilidad entre los integrantes puede determinar el éxito o no del modelo de producción.

A pesar de que el integrar a los participantes en Huertos Marinos Comunitarios pudo generar inconvenientes como los antes mencionados, también permitió que entre ellos se apoyaran en tareas diarias y los esfuerzos para construcción de los fondos, la caseta e incluso las jaulas fueron de forma participativa. Además, al integrar más personas de la comunidad se ayudó a que estos sistemas de producción fueran conocidos y se diseminaran más rápidamente entre la población. Esto es importante, ya que los lugares escogidos para colocar las jaulas se podían

encontrar en el camino de botes o en zonas de pesca. A pesar de esto, se apreció una aceptación general entre los pescadores e incluso las mismas pescaderías mostraron interés en este tipo de sistema de producción acuícola, que les podría permitir mantener una oferta de producto más regular e incluso durante los meses de veda.

Una situación observada por parte de los involucrados, que favoreció la actividad fue que empezaron a capturar peces alrededor de las jaulas, cuando anteriormente en esa misma zona no se lograba pescar, lo que generó un interés adicional en las jaulas. Lo anterior se atribuye a que las jaulas sirven como refugio artificial para los peces y otros animales, al sentirse atraídos por los camarones y la comida que se les ofrece. Este beneficio adicional hizo que las personas estuvieran aún más tiempo en las jaulas e incluso durante la noche para seguir pescando.

Este elemento de la pesca es muy importante ya que actualmente se está discutiendo respecto a las zonas de pesca responsable, en las cuales no se permite pesca alguna que no sea con métodos y de la forma ya establecida, como por ejemplo solo utilizar cuerda de mano con un solo anzuelo, además de movilizarse dentro las áreas únicamente con remos para evitar asustar los animales y se alejen de las zonas de pesca.

Lo anterior representa una ventaja para los Huertos Marinos Comunitarios porque además de atraer peces, con la producción de camarón en jaulas se puede suplir de la carnada que se necesita para pescar, dándole un gran valor económico, ya que no tiene así el pescador que desplazarse hasta zonas lejanas a traer los camarones, lo que implica una reducción en el gasto de combustible y en tiempo.

4.2 Alimentación

Las últimas estimaciones del descarte mundial de las pesquerías es de siete millones de toneladas por año (FAO, 2010), por lo que considerando que el Golfo de Nicoya es una de las zonas donde ocurre la mayor pesca de Costa Rica, la cantidad de desechos que genera esta actividad tiene que ser alta. Por ejemplo, es común observar a los pelícanos siguiendo a las embarcaciones para alimentarse de lo que los pescadores devuelven ya muerto al mar, así como botes que trasladan los desechos de las pescaderías hacia el interior del Golfo para luego botarlos directamente en el mar. Es claro que depender de esto tiene sus limitantes en cantidad y calidad, pero al ser un producto que se encuentra disponible mientras los pescadores están pescando, se puede aprovechar para generar un beneficio económico adicional a las familias involucradas cuando se hace un uso extra, como en este caso es alimentar los camarones dentro de las jaulas.

A pesar de que el análisis financiero mostró que es factible usar alimento balanceado durante los períodos de veda, también se podría aprovechar los desechos de la pesca en ese momento. Esto sería posible si son secados o deshidratados y almacenados de manera segura de la humedad aprovechando la energía solar, principalmente en la época de verano, que no tiene ningún costo, excepto el de construir un secador sencillo y de bajo costo, lo que incluso podría eventualmente permitir tener la base para fabricar un alimento concentrado para los animales en jaulas.

4.3 Crecimiento y mortalidad

Aunque se han reportado altas tasas de crecimiento de camarón cultivado, por ejemplo 1,72 g / semana en estanques en tierra (Wyban et al., 1987) y 1,65 g / semana en "raceways" (Moss et al., 2005), la tasa reportada aquí de 1,05 g / semana es parecida a la que normalmente los

productores locales obtienen en estanques en tierra. Para producción en jaulas flotantes, sin embargo, se ha reportado una tasa de crecimiento de 0,8 g / semana en condiciones experimentales con una densidad relativamente baja de 800 g / m² en la cosecha (Paquette et al., 1998).

Es posible considerar que las tasas de mortalidad del camarón pueden ser mejorables en vista de la variabilidad, que indica diferencias en algunos casos atribuibles a los participantes. Por ejemplo, en un caso para camarón de una misma compra, con jaulas, sitio, PL y tecnología de engorda presumiblemente muy similar, la mortalidad de cinco jaulas separadas varió de 12 a 45% de 1 a 12 g, dependiendo de la persona que manejó la jaula. En el caso de producción en estanques Sookying et al. (2011) mencionan que la mortalidad puede variar entre 34 y 42% al modificar la densidad o la dieta de los animales en condiciones experimentales en estanques.

La rápida disminución de la tasa relativa de crecimiento, que se acerca a cero pasados los 10 g (Figura 15), explica al menos en parte por qué se cosechan los camarones con pesos de 12 a 25 g y no mayores. El costo de aumentar de peso se hace cada vez mayor, al punto que se empieza a equilibrar el gasto de crecimiento con el gasto de mantenimiento. Por supuesto, otra razón para cosechar los animales lo antes posible es que a mayor tiempo es mayor la probabilidad de incidencia de enfermedades u otros problemas, que aumentan en la medida que crecen los camarones y sus necesidades de oxígeno aumentan. Esto último, sin embargo, es obviado en la producción en jaulas mientras se mantenga limpieza y un buen flujo de agua a través de la jaula. La dispersión de los datos durante las primeras etapas de la Figura 15 es indicativo de las diferencias en el manejo por parte de los involucrados y proporciona elementos para mejorar la parte productiva.

La relación establecida por los ensayos de alta densidad ayuda a determinar el número de camarones que se pueden mantener por metro cúbico a cualquier tamaño. Por lo menos para

estas condiciones, se llegó a 4,87 kg / m³. Tal vez en otras condiciones, como con agua más limpia que la del interior del Golfo de Nicoya, una alimentación con un control mayor de los requerimientos y mejorando accesibilidad y disponibilidad del alimento, además un mejor manejo o más cuidadoso, podrían permitir un rendimiento aún más alto. Sin embargo los valores alcanzados son altos, ya que, por ejemplo Neal et al. (2010) cosecharon de 2,2 a 4,1 kg / m² de camarones de 14 g en estanques, con un mayor rendimiento a altos niveles de luz, algo que es fácil de conseguir con jaulas en el mar.

Además, el número de animales / m³ en cualquier peso entre 0,005 g y 35,4 g fluctuó en torno a una media que se calculó con la superficie del cuerpo del camarón de 1,63 m² / m³ (DE = 0,21 m² / m³) lo cual, salvo en la medida que sea un artefacto de manejo, o tal vez por ello mismo, indica que la interacción entre los animales está relacionada con el espacio que les rodea. Esto tal vez explique en parte por qué las decisiones de la densidad máxima que se fomentó se hicieron en relación a la interacción perceptible entre animales, la cual a su vez depende de la superficie con la que interactúa (i.e., la práctica permite discernir una densidad máxima de animales que aparenta ser adecuada para su bienestar; esto ya que difícilmente se podría considerar que se logró aproximar un valor “universal” de máxima densidad de camarones por metro cúbico).

4.4 Policultivo con ostra

El policultivo de camarón con ostras demostró ser una manera muy eficiente de utilizar el espacio, mientras que al parecer contribuye al bienestar de los camarones. Como mínimo, y cuando no indica en una reducción en el crecimiento y el número de camarones / m³, se logra la ventaja adicional de contar con los bivalvos para vender una vez que alcancen el tamaño comercial. El comportamiento del camarón con los bivalvos se documentó en varias ocasiones

a través de la observación bajo el agua y de fotografías que muestran la interacción de los "camarones caminando" o simplemente posados sobre los guindantes con los bivalvos. Además parece que los camarones se alimentan de la superficie de las ostras pues se observa como si "ramonearan" la lana que crece sobre ellas. Esto fue corroborado mediante el ensayo con bolsas de sarán con ostras que mostró que aquellas en las jaulas con camarones estaban significativamente más limpias que las que estaban en jaulas sin camarones. Al respecto, se pudo observar durante las mañanas antes de alimentar a los camarones, que algunos animales todavía mantenían adherido parte del excremento a ellos, lo que permite suponer que se alimentaban de una fuente adicional ya que los comederos se encontraban vacíos y la última alimentación se realizaba a mediados de la tarde del día anterior. Sin embargo, en la evaluación de sustratos artificiales en el cultivo de camarón en estanque, las diferencias observadas en los parámetros de crecimiento de los camarones se atribuyó principalmente al espacio o superficie adicional, ya que no hubo diferencias encontradas en la tasa de conversión alimenticia (Zhang, 2011).

Los beneficios mutualistas del policultivo descrito aquí, entonces, al parecer van más allá de los elementos tróficos. Por lo tanto, el término más general de policultivo es preferible al de cultivo multi-trófico. Además, al menos desde la perspectiva de la maricultura, las plagas de isópodos que aparecieron en las bolsas con ostras y otros bivalvos, que se adherían a las personas que se introducían dentro de las jaulas, se eliminó por completo mediante la adición del camarón, lo cual deja en evidencia que los camarones lograron reducir la plaga y se observó un beneficio adicional del policultivo.

Asimismo, varias especies de bivalvos fueron evaluadas, siendo la primera en cultivarse la ostra del Pacífico, con la cual se comenzó y se mantuvo el policultivo, por lo tanto es la única que se informó aquí. Sin embargo, otras especies de bivalvos fueron probadas con éxito, como el mejillón o chora (*M. guyanensis*) que se colocó en guindantes de la misma forma que las

ostras, teniendo baja mortalidad. Esta especie tiene la ventaja que se encuentra diseminada en la mayor parte del Golfo y se comercializa regularmente en las pescaderías por lo que tiene un potencial comercial. Tanto la almeja (*Protothaca spp.*) como la almeja navaja (*Siliqua patula*) también fueron colocadas dentro de las jaulas con camarones pero mostraron una alta mortalidad con esta modalidad y se suspendió su cultivo. Además, los pepinos de mar (*Isostichopus fuscus*) se añadieron al suelo de las jaulas con densidades de alrededor de 15 / m², con excelente adaptación y una mortalidad muy baja, alimentándose únicamente al parecer de los restos de comida y las heces de los camarones. Algunos ensayos preliminares con los erizos de mar indican que estos pueden ser agregados para ayudar a controlar las algas que crecen en las paredes de las jaulas.

En diferentes ocasiones se añadieron peces omnívoros en las jaulas para ayudar al control de plagas de pequeños invertebrados y la acumulación de suciedad en las paredes y fondo de las jaulas. Entre ellas, se utilizó en una ocasión machos de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*), que después de unos días de adaptación progresiva al agua de mar, mostró ser altamente eficiente así como un excelente crecimiento por sí mismas. Al respecto, cuando se introdujeron peces, los comederos fueron cubiertos por una malla que permitía el paso de camarones más no de los peces.

También se ensayó en cierta medida el cultivo de algas y hortalizas flotantes (Radulovich, 2010), y se comentan aquí como posibilidades para aumentar la productividad de las jaulas de camarón a pequeña escala comercial, contribuyendo con ello a mejoras en la disponibilidad de alimentos de considerable valor nutricional. En síntesis, una vez que una operación de flotación se lleva a cabo, incluyendo la balsa para el cuidado nocturno, los costos de las estructuras y actividades adicionales son marginales, hasta cierto punto.

4.5 Análisis financiero

La considerablemente alta utilidad obtenida por varios de los sistemas de producción analizados (Cuadro 2) indica la bondad de la innovación descrita aquí. Esto, acoplado a otros aspectos, sobre todo relacionados a fácil transferibilidad y adopción, salvo las limitaciones ya descritas, es bastante alentador e indicativo de la conveniencia de continuar esta línea de trabajo.

Además de la finalidad para la que se cultivó el camarón, tanto para consumo humano y/o para carnada, la alimentación empleada y la adición de la ostra generaron cambios importantes en la utilidad de los sistemas. El uso de subproductos de la pesca es uno de los puntos más importantes ya que se está usando un recurso que generalmente es visto como un problema y se considera un desecho, por consiguiente normalmente es eliminado, lo cual además implica un gasto. En este sistema de producción propuesto, el subproducto de la pesca es aprovechado utilizando el alto valor nutricional que aún contiene para redireccionarlo y convertirlo con un bajo costo adicional en un producto con valor económico, generando beneficios directos para los involucrados.

Las ostras representan además otra opción al ser un recurso disponible y adicional que puede ser incorporado en el sistema de producción de camarón sin un costo de producción alto, generando un beneficio económico extra. Con ello se maximiza el aprovechamiento de las jaulas y por consiguiente se incrementa la utilidad invirtiendo mucho menos dinero que si se realizara la producción como monocultivo. Como se dijo, los beneficios del policultivo identificados aquí van más allá de las interacciones tróficas, por lo que en términos generales se prefiere el policultivo en cuanto mejora la utilidad del sistema.

5. Conclusiones

Se pueden construir una variedad de jaulas a bajo costo de forma sencilla y artesanal utilizando recursos que están disponibles para la mayoría de las personas y en cualquier lugar, usando tecnología creada completamente en el país.

El cultivo de camarón en jaulas es zootécnica y biológicamente viable, demostrando ser una actividad rentable incluso a pequeña escala y en donde la adición de otras especies en policultivo como la ostra del Pacífico vuelve aún más interesante económicamente la producción, al incrementar las ganancias y el número de productos por ofertar.

Las personas pueden implementar este sistema de producción por su propia cuenta, ya que es una tecnología de bajo costo, la cual no requiere de conocimientos avanzados para realizarla, pues la mayoría de los materiales, los animales y el manejo son conocidos por los pescadores. Únicamente debe de tenerse especial cuidado con el manejo de la PL.

La alimentación empleando solamente alimento fresco fue aceptada por los camarones sin ningún inconveniente, demostrando que se pueden mantener crecimientos iguales a los que se obtienen con el alimento balanceado, lo que significa que es un recurso que puede ser aprovechado; sin embargo, su uso a veces presenta restricciones por la disponibilidad.

La venta de carnada viva se presenta como una interacción ecoamigable en las zonas de pesca responsable que están surgiendo en el Golfo de Nicoya, permitiendo que los mismos pescadores puedan tener control sobre la carnada que necesitan para pescar, incluso participando las mujeres y adolescentes en esta actividad, al mismo tiempo que van desarrollando una mentalidad de acuicultor, que eventualmente pueden emplear para cultivar

otro tipo de especies acuáticas como los peces juveniles que capturan o eventualmente macroalgas.

El sistema productivo mostró ser financieramente viable y el uso de otras especies en policultivo como la ostra mejora considerablemente la rentabilidad, debido a que el costo de incluir la ostra es marginal al del camarón, ahorrándose gran parte del costo de producción de la ostra, excepto por la compra de los guindantes y la semilla. Esto permite maximizar el uso de las jaulas y de poder ofrecer más de un producto a la venta.

Literatura citada

- Araya, H., Vásquez, A., Marín, B., Palacios, J. A., Soto-Rojas, R., Mejía-Arana, F., Shimazu Y. y Hiramatsu K. 2007. Reporte no.1/2007 del Comité de Evaluación de Poblaciones: Reporte del Manejo de los Recursos Pesqueros en el Golfo de Nicoya. *In*: Proyecto Manejo Sostenible de la Pesquería en el Golfo de Nicoya: Presentación de conclusiones y recomendaciones. UNA-JICA-INCOPECA. Puntarenas, Costa Rica.
- Arce, S. 2009. Mañana comienza veda en el golfo de Nicoya y terminará en noviembre. *En*: La Nación, Costa Rica: 30 setiembre, pag 26a.
- Bolaños, L. 2001. Las mareas en Costa Rica. *InterSedes. Revista de las Sedes Regionales*. 2: 93-107.
- Brenes, C., León, S. y Chaves, J. 2001. Variación de las propiedades termohalinas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 49: 145-152.
- Buschmann, A., Cabello, F., Young, K., Carvajal, J., Varela, D. y Henríquez, L. 2009. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean and Coastal Management*, 52: 243-249.
- Chacón, C., López-Zúñiga, O., Brenes-Matarrita, R., Acevedo-Ruiz, P., Arrieta, E., Ortega, H., y Hiramatsu, K. 2005. Resultados de los estudios de la flota pesquera artesanal y sus actividades de pesca en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Proyecto Manejo Sostenible de la Pesquería para el Golfo de Nicoya, UNA/JICA/INCOPECA*, 4: 8-14.
- Chamberlain, G. 2001. Cultivo sostenible de camarón: mitos y realidades. *INFOFISH Internacional* Febrero, 2002, texto de la Conferencia SHRIMP 2001, realizada en Chennai, India del 28 al 30 de setiembre del 2001.
- Charles, H.J., Godfray, J.R., Beddington, I.R., Crute, L., Haddad, D., Lawrence, J.F., Muir, J., Pretty, S., Robinson, S.M., Thomas, F. y Toulmin, C. 2010. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327: 812-818.

- Cortés, J. y Wehrtmann I.S. 2009. Diversity of marine habitats of the Caribbean and Pacific of Costa Rica. Pp. 1-45. In: *I.S. Wehrtmann y J. Cortés* (eds), Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. Monographiae Biologicae 86. Springer and Business Media B.V., Berlin.
- Del Moral, R.J. y Vaca, J.G. 2009. Administración de la pesquería del atún aleta azul en Baja California: Una visión global. *Frontera Norte*, 21: 151-175.
- Duarte, C., Holmer, M., Olse, Y., Soto, D., Marba, N., Guiu, J., Black, K. y Karakassis, I. 2009. Will the oceans help feed humanity?. *Bioscience*, 59: 967-976.
- Edwards, P., Tuan, L.A. y Allan, G.L. 2004. A survey of marine trash fish and fish meal as aquaculture feed ingredients in Vietnam. ACIAR Working Paper No. 57, Canberra.
- FAO, Food and Agriculture Organization. 2010. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2009, Roma.
- FAO, Food and Agriculture Organization 2011. Costa Rica National Aquaculture Sector Overview Fact Sheet, 2006-2011, Roma.
- Frankic, A. y Hershner, C. 2003. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. *Aquaculture Int*, 11: 517-530.
- Infopesca. 2007. Mejoramiento de los mercados internos de productos pesqueros en América Latina y el Caribe. Proyecto TCP /RLA / 3111, FAO, Roma.
- JICA, Agencia de Cooperación Internacional del Japón. 2009. Producción artificial de semilla y cultivo de engorde de ostra japonesa (*Crassostrea gigas*). Proyecto para el desarrollo de la acuicultura de moluscos en la República de El Salvador. CEDEPESCA, El Salvador.

- Leung, K.M.Y., Chu, J.C.W., y Wu, R.S.S. 1999. Nitrogen budget for the areolated grouper (*Epinephelus areolatus*) cultured under laboratory conditions and in open-sea cages. *Marine Ecology Progress Series*, 186: 271–281.
- Lizano, O.G. y Alfaro, E.J. 2004. Algunas características de las corrientes marinas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 52: 77-94.
- Lombardi, J.V. y Marques, H.L.A. 2007. An organic approach to rearing marine shrimp in cages. *World Aquaculture*. 53: 54-67.
- Lombardi, J.V., Marques, H.L.A., Pereira, R.T.L., Barreto, O.J.S. y De Paula, E.J. 2006. Cage polyculture of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* and the Philippines seaweed *Kappaphycus alvarezii*. *Aquaculture*, 258: 412-415.
- Martinez-Cordova, R.L. y Martinez-Porcha, M. 2006. Polyculture of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), giant oyster (*Crassostrea gigas*) and black clam (*Chione fluctifraga*) in ponds in Sonora, Mexico. *Aquaculture*, 258: 321-326.
- Martínez-Porchas, M., Martínez-Córdova, L.R., Porchas-Cornejo, M.A. y López-Elías, J.A. 2010. Shrimp polyculture: a potentially profitable, sustainable, but uncommon aquaculture practice. *Reviews in Aquaculture*, 2: 73-85.
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneide, O., Blancheton, J.P., Roque d'Orbcastel, E. y Verret, J.A.J. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43: 83-93.
- Matthew, J., Slater, A. y Carton, G. 2009. Effect of sea cucumber (*Australostichopus mollis*) grazing on coastal sediments impacted by mussel farm deposition. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1123-1129.
- Moss, S.N., Otoshi, C.A. y Leung, P.S. 2005. Optimizing strategies for growing larger *L. vannamei*. *Global Aquaculture Advocate*, 8(5): 68-69.

- Naylor R. y Burke, M. 2005. Aquaculture and ocean resources: Raising tigers of the sea. *Annu. Rev. Environ. Resourc*, 30: 185–218.
- Neal, R.S., Coyle, S.D., Tidwell, J.H. y Boudreau, B.M. 2010. Evaluation of stocking density and light level on the growth and survival of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in zero-exchange systems. *Jour. World Aqua. Society*, 41: 533-544.
- Nunes, J.P., Ferreira, J.G., Gazeau, F., Lencart-Silva, J., Zhang, X.L., Zhu, M.Y. y Fang, J.G. 2003. A model for sustainable management of shellfish polyculture in coastal bays. *Aquaculture*, 219: 257-277.
- Nuttall, N. 2004. Sobre pesca: Una amenaza a la biodiversidad marina. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (PNUMA), Nairobi.
- Otárola, A. 2008. Producción acuícola continental en Costa Rica. *Revista Ambientico*, 179: 3-6.
- Paquotte, P., Chim, L., Martin, J.L.M., Lemos, E., Stern, M. y Tosta, G. 1998. Intensive culture of shrimp *Penaeus vannamei* in floating cages: zootechnical, economic and environmental aspects. *Aquaculture*, 164:151-166.
- Pillay, T.V. y Kutty, M.N. 2005. *Aquaculture, Principles and Practices*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Radulovich, R. 2006. Cultivando el mar. *Agronomía Costarricense*, 30: 115-132.
- Radulovich, R. 2008. Maricultura a mar abierto en Costa Rica. *Ambientico*, 179: 7-14.
- Radulovich, R. 2010. Caged shrimp production in Costa Rica. *Global Aquaculture Advocate*, 13(4): 82-83.
- Radulovich, R. 2011. Massive freshwater gains from producing food at sea. *Water Policy Journal*, 13: 547–554.
- Radulovich, R. y Karremans, J. 1993. Validación de Tecnologías en Sistemas Agrícolas. CATIE, Turrialba.

- Sookying, D., Silva, F., Davis D.A. y Hanson, T.R. 2011. Effects of stocking density on the performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured under pond and outdoor tank conditions using a high soybean meal diet. *Aquaculture*, 319: 232-239.
- Timmons M.B., Eberling, J. M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T. and Vinci, B.J.. 2002. Recirculating aquaculture systems. NRAC Publication no. 01-002, Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY.
- Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A., y Guang-Fang, J. 2009. Ecological engineering in aquaculture, potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*, 297: 1-9.
- Vásquez, A.R., Umaña, H.A., Arrieta, E., Ortega, H. y Hiramatsu, K. 2004. La composición de las especies de peces capturados por la pesquería artesanal del Golfo de Nicoya en el año 2003. Proyecto Manejo Sostenible de la Pesquería para el Golfo de Nicoya, UNA/JICA/INCOPECA, 4:15-22.
- Vela, S. y Ojeda, J. 2007. *Acuicultura: Revolución Azul*. APROMAR, Madrid.
- Vezzulli, L., Moreno, M., Marin, V., Pezzati, E., Bartoli, M. y Fabiano, M. 2008. Organic waste impact of capture-based Atlantic bluefin tuna aquaculture at an exposed site in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78: 369-384.
- Volpe, J. 2005. Dollars without sense: The bait for big-money tuna ranching around the world. *BioScience*, 55: 301-302.
- Wallace, J.S. 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82: 105-119.
- Wehrtmann, I. S. y Nielsen-Muñoz, V. 2009. The deepwater fishery along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37: 543-554.

Wyban, J.A., Lee, C.S., Sato, V.T., Sweeney J.N. y Richards, W.K. 1987. Effect of stocking density on shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. *Aquaculture*, 61: 23-32.

Zhang, B. 2011. Influence of the artificial substrates on the attachment behavior of (*Litopenaeus vannamei*) in the intensive culture condition. *Int. Jour. Anim. Veter. Adv.*, 3: 37-43.

Zarain-Herzberg, M. 2007. Jaulas flotantes: una alternativa de cultivo. *Industria Acuícola*, 2: 17-19.

Zarain-Herzberg, M., Campa-Córdova A.I. y Cavalli R.O. 2006. Biological viability of producing white shrimp *Litopenaeus vannamei* in floating cages. *Aquaculture*, 259: 283-289.