



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DEL CAMARÓN ROSA DEL
GOLFO DE MÉXICO *Farfantepenaeus duorarum* PRODUCIDO BAJO UN
SISTEMA BFT (BIO-FLOC TECHNOLOGY) COMPARADO CON UN SISTEMA
DE RECAMBIO DE AGUA EN SISAL, YUCATÁN”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

FRANCISCO JAVIER LANDA ESPINOSA

Asesores:

MVZ Angel García Hernández

M. en A. Manuel Ángel Valenzuela Jiménez

México, D.F.

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres

Francisco Javier Landa Ibarra y Silvia Espinosa Ortega

cuyo apoyo y amor sin límites le dieron significado a mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, mi gratitud y amor hacia ustedes será el reflejo de mi vida. Mi desarrollo como ser humano se los debo a ustedes.

A Fer y Carlos, mis hermanos, su llegada a mi vida es parte de lo mejor de esta.

A la familia Aguilera Espinosa. En especial a Tere por esos años que diste por mí y a Toño por tanto apoyo, confianza, amistad y cariño.

A la familia Jungo Ramos, que me acepto dentro de su núcleo familiar con verdadero cariño y me dio un gran apoyo.

A la familia Godoy Landa. Este trabajo no se hubiera realizado sin su ayuda y cariño.

Al M. en A. Valenzuela Jiménez Manuel, MVZ. García Hernández Ángel, Dra. Gaxiola Cortés Martha Gabriela, MPA. Cortez Sánchez Jesús Manuel, MVZ. Castro Fuentes Luís Andrés, MVZ. Ochoa Galván Pedro y la Bióloga Loeza Fuentes Ma. Elena. Su ayuda hizo posible este trabajo.

A Miriam Sánchez, Daniel Simon Bonnet, Fco. Manning, Omar Lagunas, Eduardo Mota, Alejandra Jungo, Hengis Serna, Xiao Puón, Roberto Castañeda, Juan Manuel Ruiz, Carlos Flores, Yery Domínguez, Bianca Ojeda, María de la Garza, Diana Vereá, Agustín Rojas, Mariana Soto, Penélope Cruz, Diego Gutiérrez, Erick Ramírez, Luis Angel Alvarez, Lupe Huerta, Alejandro Dávila, Carlos Solares, Vladimir Torres, Juan Cortes, Jorge Ramos, Ricardo Valenzuela, Alma Rosa Naranjo, Gabriel Rivas, Diana Rangel, Javier Camacho, Joachim Limón, Gabriel Gonzáles, Toño Ortega, Araceli León, Ana Laura Pulido, Diego Rodríguez, Julio García y a todos mis demás amigos que por falta de espacio no menciono.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
REVISIÓN DE LITERATURA	4
HIPÓTESIS	25
OBJETIVOS	26
MÉTODO	27
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
RESULTADOS	31
DISCUSIÓN	33
CONCLUSIONES	38
REFERENCIAS	39
ANEXOS	46

RESUMEN

LANDA ESPINOSA FRANCISCO JAVIER. Evaluación del desempeño productivo del camarón rosa del Golfo de México *Farfantepenaeus duorarum* producido bajo un sistema BFT (Bio-floc technology) comparado con un sistema de recambio de agua en Sisal, Yucatán. (Bajo la dirección de: MVZ Angel García Hernández y M. en A. Manuel Ángel Valenzuela Jiménez)

Se evaluó el desempeño productivo en dos grupos de camarones rosas *Farfantepenaeus duorarum*, uno en un sistema BFT (Bio-Floc Technology) y el otro con recambio de agua de 32% diario, durante 90 días. Se utilizaron juveniles de 1 g de *F. duorarum* en una densidad de 100 juveniles/m² en estanques circulares de 20 m² con dos replicas cada uno. No hubo diferencias entre tratamientos ($p \geq 0.05$) en sobrevivencia, ganancia de peso, factor de conversión alimenticia y crecimiento. Las variables físicas y químicas (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto) se mantuvieron dentro de los requerimientos óptimos. Los compuestos nitrogenados fueron controlados cuando el amonio y el nitrito alcanzaron valores superiores a 1 mg/l⁻¹ manteniendo un balance de Carbono: Nitrógeno de 20:1. Se discute la conveniencia de utilizar el sistema Bio-Floc en el cultivo de camarón.

Palabras clave: BIO-FLOC TECHNOLOGY, BFT, *Farfantepenaeus duorarum*, CARBONO, NITRÓGENO, ACUICULTURA.

INTRODUCCIÓN

La pesca de captura y la acuicultura suministraron al mundo unos 148 millones de toneladas de pescado en 2010 (con un valor total de 217 500 millones de USD). De ellos, aproximadamente 128 millones de toneladas se destinaron al consumo humano y, según datos preliminares para 2011, la producción se incrementó hasta alcanzar los 154 millones de toneladas, de los que 131 millones de toneladas se destinaron a alimentos. El suministro mundial de alimentos pesqueros ha aumentado considerablemente en las cinco últimas décadas, con una tasa media de crecimiento del 3,2 por ciento anual en el período de 1961 a 2009, superando el índice de crecimiento de la población mundial del 1,7 por ciento anual.¹

No obstante, se considera que las aguas continentales son objeto de una pesca excesiva en muchas partes del mundo, la presión humana y los cambios en las condiciones ambientales han deteriorado gravemente importantes masas de agua dulce.¹

A principios de los años 90, la Tecnología Bio-Floc, BFT, (llamados también estanques de suspensión activa, o estanques heterotróficos) fue desarrollada originalmente para resolver problemas de tratamiento del agua. Se basa en el desarrollo y el control de densidad de bacterias heterotróficas, con el nulo o mínimo recambio de agua. Una comunidad microbiana se desarrolla al llegar a una densidad del orden de 10^7 unidades formadoras de colonias, UFC/ ml⁻¹ formando bio-flóculos² cuyo producto es el crecimiento de la comunidad microbiana y la producción de proteína de origen microbiano.³

La recolección de los bio-floculados por los camarones y peces sirve como complemento de alto valor alimenticio, reciclando la fracción no utilizada del alimento y dando el doble de utilización de proteínas y alimento por parte de camarones y peces.

Además de mantener una buena calidad del agua por la absorción y transformación del amonio. De esta forma es posible disminuir la demanda de proteína utilizada en el alimento balanceado, y contribuir con el mantenimiento de la calidad del agua.³

Con el aumento del volumen de producción, de comercio y de consumo, hay una demanda concurrente y creciente del sector acuícola por mejorar la sustentabilidad, aceptabilidad social y seguridad de la salud humana. Esto no sólo está afectando el ambiente internacional de negocios y presionando a los productores para que se centren en métodos de producción que traten esos asuntos, sino también desafía a los países productores a desarrollar e implementar políticas e instituciones adecuadas y apropiadas que proporcionen un ambiente propicio para la producción y el comercio responsable.⁴

REVISIÓN DE LITERATURA

Biología y Estado Actual de las Poblaciones de la Especie *Farfantepenaeus duorarum*

Conocido comúnmente como camarón rosa, es una especie nativa del atlántico occidental, con una distribución geográfica desde la bahía de Chesapeake, Maryland, EUA, hasta Quintana Roo, México. Forma parte importante de las pesquerías del golfo de México, sin embargo como esta especie alcanza tallas menores que el camarón blanco (*L. vannamei*) o el camarón azul (*P. stylirostris*), se ha dado poca atención en cuanto a las posibilidades de cultivo comercial.⁵ Su importancia económica se da principalmente como recurso pesquero en el sureste del Golfo de México. No obstante, la información disponible sobre la biología y ecología de las diferentes fases de su ciclo de vida es escasa.⁶

Como miembros de los crustáceos, los camarones son artrópodos mandibulados con apéndices articulados, con dos pares de antenas, caparazón y branquias⁷ (Cuadro 1).

Se puede identificar en su estado adulto por su rostro relativamente corto que se extiende poco más allá de la extremidad del artículo basal de la anténula, con 9 a 10 espinas dorsales y 2 a 3 ventrales.⁸

Cuadro 1.
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CAMARÓN ROSA DEL GOLFO DE
MÉXICO *Farfantepenaeus duorarum*

Reino	Animal
Filo	Arthropoda
Superclase	Crustacea (Pennant, 1777)
Clase	Malacostraca (Latreille, 1803)
Subclase	Eumalacostraca
Orden	Decápoda (Latreille, 1803)
Suborden	Dendrobranquiata (Bate, 1888)
Superfamilia	Penaeoidea (Rafinesque-Shmalts, 1815)
Familia	Penaeidae (Pérez-Farfante, 1988)
Género	<i>Farfantepenaeus</i> (Burukovsky, 1997)
Especie	<i>duorarum</i> (Burkenroad, 1939)

F. duorarum tiene hábitos predominantemente carnívoros.⁹ Por eso, en relación al potencial acuícola de esta especie, es necesaria una alternativa de cultivo dónde se ofrezca una mayor cantidad de alimento vivo. Entre las características que favorecen el cultivo de camarones peneidos se encuentran: ciclo de vida corto, alta fecundidad, baja tasa de mortalidad, crecimiento rápido, respuesta positiva a la suplementación alimenticia, resistencia a cambios ambientales y alto valor comercial.¹⁰

En cuanto a la pesca de esta especie, a principios de los años 70 alcanzó un pico de producción de casi 27,000 t por año, de las cuales 90% era camarón rosa. Actualmente, el rendimiento es de 3,000 t por año y el camarón rosa contribuye con menos de 1,000 t.¹ Las posibles causas de este colapso se han relacionado con efectos de la sobrepesca,

los cambios en el hábitat (por obras de desarrollo costero y contaminación) y la presencia de fallas en el reclutamiento.¹¹

La Acuicultura como Alternativa de Producción Alimenticia y Conservación del Ambiente

El camarón y los productos pesqueros representan una fuente muy valiosa de proteínas y nutrientes esenciales para tener una nutrición equilibrada y disfrutar de buena salud. En el ámbito mundial, los productos acuícolas y de pesca proporcionan a unos 3000 millones de personas cerca del 20% de su aporte de proteínas animales y a 4300 millones de personas en torno al 15% de dichas proteínas. La pesca y la acuicultura suministraron al mundo unos 148 millones de toneladas de pescado en 2010 (con un valor total de 217,500 millones de USD). De los cuales, 128 millones de toneladas se destinaron a consumo humano y, según datos preliminares para 2011, la producción se incrementó hasta alcanzar los 154 millones de toneladas, de estas 131 millones se destinaron a alimento. La producción acuícola mundial, por si sola, alcanzó un nivel máximo sin precedentes en 2010 de 60 millones de toneladas (excluidas las plantas acuáticas y los productos no alimentarios), con un valor total estimado de 119,000 millones de USD. En el transcurso de medio siglo aproximadamente, la acuicultura ha pasado de ser casi insignificante a equipararse totalmente a la producción de la pesca de captura.⁸

No obstante, se considera que las aguas continentales son objeto de una pesca excesiva en muchas partes del mundo, la presión humana y los cambios en las condiciones ambientales han deteriorado gravemente importantes masas de agua dulce.⁸

En la vigésima novena sesión del comité sobre la seguridad alimentaria mundial efectuada en Roma, en mayo del 2003, se discutió el tema del “Papel de la acuicultura

en el mejoramiento de la seguridad alimentaria, a nivel comunitario”. Una atención especial se dio a la contribución que la acuicultura hace para la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza y el mejoramiento del estado nutricional de los grupos marginales y vulnerables, incluidas las madres embarazadas y lactantes, los niños, los adultos mayores y la gente viviendo con VIH/SIDA. La acuicultura tiene un papel importante por desarrollar en este esfuerzo de proveer pescado y otros productos marinos y dulceacuícolas que son ricas fuentes de nutrientes y que proveen oportunidades de empleo e incremento de los ingresos.⁹

Varias especies de camarones marinos han sido cultivadas de manera incidental en el Sudeste Asiático por muchos siglos, pero esfuerzos serios para tecnificar esta actividad comenzaron en la década de 1930 en Japón. El camarón sigue siendo, en valor, el principal producto pesquero comercializado, ya que en 2006 representó el 17% del valor total del comercio internacional de productos pesqueros. A pesar del creciente volumen de exportación, su proporción en valor ha disminuido, debido a que los precios medios presentan una tendencia a la baja.¹²

En lo que respecta al valor, los principales países exportadores son Tailandia, China y Vietnam. En 2007 las importaciones de camarón fueron inferiores en los Estados Unidos de América y en el Japón, mientras que la Unión Europea consolidó su posición como el mayor mercado de camarón del mundo. Excluyendo al Reino Unido, los principales países europeos experimentaron una tendencia estable o al alza; en las importaciones de camarón,¹² México se identifica como un país con gran potencial de desarrollo acuícola debido al clima, recursos naturales y especies nativas con potencial de cultivo. Sin embargo en un entorno globalizado, donde se ha propiciado que naciones con costos de producción menores (por ejemplo, Asia) tomen la delantera, será necesario respaldar el desarrollo tecnológico de la industria del país a través de la

investigación orientada al avance del conocimiento de la biología y las estrategias de cultivo de especies con mejores expectativas de comercialización.⁹

Álvaro Pedroza Zapata y Tirso Suárez Núñez (2003), en su libro “Gestión estratégica de la tecnología hacia una ventaja competitiva”, expresan que: “Por lo general los mercados de crecimiento importante se derivan de soluciones a problemas prioritarios de la sociedad. La tecnología proporciona de forma recurrente gran parte de dichas soluciones y transforma de paso, los planes de las empresas. La esencia de la estrategia de negocios de toda organización es responder de una manera efectiva a las necesidades de sus clientes, presentándoles una oferta más atractiva que la de su competencia”.⁹

De acuerdo con el reporte de Producción Acuícola 2011 de la CONAPESCA, las especies de mayor producción fueron el camarón y la mojarra, que juntas sumaron 180,950 toneladas, seguidas de ostión, carpa, trucha, atún, bagre, charal y lobina, entre otras especies comerciales que aportaron las 83 mil toneladas restantes de la producción nacional. La CONAPESCA invirtió en 2011 más de 20 millones de pesos en el desarrollo de innovación tecnológica en los sectores de acuicultura y maricultura de México para diversificar los procesos de producción de organismos acuáticos, entre otros objetivos.¹³

La situación actual de la industria del cultivo de camarón impone retos que deberán ser superados aprovechando la infraestructura científica de los países productores. La sustitución de harina de pescado, la formulación de alimentos que ayuden a mitigar los efectos de las enfermedades, el uso adecuado del alimento natural, y el manejo de la ecología microbiana entre otros serán la base de las investigaciones en nutrición de los camarones peneidos cultivados.¹⁴

Problemas de la Industria Camaronera

- **Alimentación**

El factor de conversión del alimento (FCA) que hace referencia a la cantidad de alimento balanceado utilizado para producir un kilo de biomasa de camarón, aún constituye un gran problema. En la actualidad la industria del cultivo del camarón ha mostrado valores promedio de FCA de 2:1 lo que indica que se utilizan 2 kg de alimento balanceado seco para producir 1 kg de camarón vivo. Más del 60% del alimento que se arroja a un estanque se pierde en el agua o es consumido por bacterias y otros habitantes del estanque. En el cultivo de camarones sólo cerca de 15 a 30% del alimento suministrado en la forma de ración se convierte en biomasa en los organismos cultivados, el restante acaba siendo perdido en el agua en forma de materia orgánica.^{15, 16}

- **Impacto Ambiental**

Por otro lado el desarrollo acuícola debe limitar los impactos que causa al ambiente, por ejemplo, se debe contar con estrategias para reducir el impacto negativo que puede generar en cuerpos lagunares donde, en particular, se cuestiona el uso de harina de pescado en la elaboración de alimentos para las especies en cultivo.⁹ Los afluentes procedentes de la acuicultura en el medio acuático contienen diversos compuestos orgánicos e inorgánicos como el amonio, fósforo, carbono orgánico disuelto, materia orgánica y nutrientes. Los altos niveles de nutrientes causan el deterioro ambiental de los cuerpos de agua adyacentes. Además, el agua de drenaje puede aumentar la presencia de microorganismos patógenos e introducir especies invasoras patógenas en los ecosistemas.¹⁷

La intensificación en los cultivos es acompañada en algunos casos de contaminación ambiental (acumulo de nitrógeno y fósforo) y de la severidad creciente de la aparición de enfermedades. El nivel de intensificación exige mayor cantidad de alimento balanceado, mayores cantidades de proteína que contribuyen por su parte a la contaminación por nitrógeno en el sistema de cultivo. La descomposición de algas muertas, alimento balanceado no ingerido y excreciones de los animales cultivados que liberan el nitrógeno adicional bajo la forma de amonio (NH₄⁺) y nitrito los cuales amplifican el nivel de toxicidad del nitrógeno a través de variaciones de pH. Las concentraciones elevadas de amonio afectan el crecimiento, cambian el consumo del oxígeno y puede eventualmente causar la mortalidad de los animales. Una mayor concentración de nitrito en el ambiente afecta negativamente el crecimiento.^{18, 3, 19}

En maricultura, aunque se han reconocido sus beneficios, se sabe que la producción intensiva de organismos acuáticos puede generar deterioro de ecosistemas costeros, debido a la liberación de efluentes, salinización de cuerpos de agua, daños por la introducción de especies exóticas, polución química y diseminación de enfermedades.²⁰

En un análisis realizado en Campeche sobre la biología pesquera del camarón rosado en 2007 se encontró que la producción de este ha declinado en forma importante, de casi 8,000,000 kg/cola en 1972 a poco más de 850,000 kg/cola en 2000, esto es un poco más del 10%. La disminución de la biomasa observada se debe a que la capacidad de regeneración de la población, se vio afectada por una mortalidad más alta que aquella que permite su regeneración (INP, 2000). Para camarones peneidos esta situación podría ser poco relevante dada la gran capacidad de recuperación de esta especie. Evidentemente esto no está

ocurriendo dada la severa disminución de las existencias del camarón rosado en Campeche.²¹

- **Economía**

Los mercados internacionales de los productos pesqueros están influenciados por la creciente incertidumbre económica. Los importadores, procesadores y minoristas de los grandes mercados de importación están disminuyendo las compras, y están menos dispuestos a concertar o aceptar contratos a largo plazo. Como consecuencia, los precios de muchos productos pesqueros están bajando después de haber alcanzado los niveles más altos de todos los tiempos en marzo de 2011. Desde entonces, como consta en el índice de la FAO para los precios del pescado, los precios de muchos productos pesqueros han bajado. Pero, como siempre, el cuadro no es uniforme, ya que las limitaciones del suministro hacen subir los precios de algunas especies, como el camarón, el atún, la tilapia, la caballa y el arenque.¹

Las perspectivas para 2013 son inciertas, los precios de algunos productos y especies seguramente bajarán, la mayoría de las veces la causa consiste en la oferta más que en la falta de demanda. La demanda subyacente de pescado y productos pesqueros es sólida, y el estancamiento del consumo y de las importaciones que se observa en algunos de los países importadores habituales se ve compensado por una animada demanda en los mercados emergentes de Asia, África, Oriente Medio, América del Sur y América Central, pero los grandes aumentos de la demanda registrados en el mundo en desarrollo están impulsando la producción nacional y regional; favoreciendo las exportaciones desde los países desarrollados hacia los países en desarrollo, en dirección

contraria a la habitual, ya que normalmente los países en desarrollo abastecían a las economías desarrolladas.¹

Los mercados principales, como la Unión Europea, Japón y Estados Unidos, importaron más camarón durante 2011, pese al aumento de los precios causado por un suministro asiático menor del previsto. La demanda de camarón procesado aumentó en el mercado japonés después del tsunami, así como en la Unión Europea y los Estados Unidos, lo que confirma la tendencia positiva en un mercado de base amplia a favor del camarón de valor añadido. Sin embargo, la demanda fuerte podría ablandarse si la percepción de los consumidores se volviera negativa, ya que el consumo de camarón depende a menudo del hecho de comer fuera del país y es sensible a la situación económica. Por ejemplo, durante el primer semestre del 2011, las exportaciones de Tailandia retrocedieron debido a las limitaciones de la materia prima, mientras que China, India, Indonesia y Vietnam vieron aumentar sus exportaciones. La demanda regional de camarón se mantuvo activa en muchos mercados asiáticos, favorecida por unas monedas nacionales fuertes y el aumento de los ingresos de los consumidores, incluso en India que normalmente no es un mercado grande para los productos pesqueros. El crecimiento del consumo interno en los países en desarrollo está sustentando el desarrollo de la acuicultura local y reduce la exposición de la industria a las variaciones repentinas en los mercados internacionales.¹

- **Genética**

La variabilidad genética, al menos en aguas nacionales es desconocida. La cantidad y tipo de variación genética en una población es delineada por diferentes fuerzas evolutivas como la selección, la endogamia, flujo génico, y

mutación. Estos factores tienen efectos que se acentúan cuando las poblaciones son reducidas a niveles drásticos y que pueden ocasionar la inviabilidad de las mismas. La literatura refiere en gran medida evaluaciones para medir la variabilidad genética de camarones peneidos principalmente en Asia. Para México, hay información documentada para camarón blanco y azul del golfo de California en menor escala a lo generada para Asia, y prácticamente inexistente para camarones del Golfo de México, incluyendo al camarón rosado.²¹

Métodos de Producción

Globalmente existen cuatro métodos para producir camarones; estos métodos son el extensivo, semi-intensivo, intensivo e hiper-intensivo, y se caracterizan por una reducción progresiva en el tamaño de los estanques de engorde, un aumento en los costos de construcción y producción, mayor densidad de siembra, e intensificación de prácticas de manejo (incluyendo preparación de estanques, recambio de agua, fertilización, uso de alimentos balanceados, mayor uso de larvas de laboratorio en lugar de larvas silvestres, entre otras prácticas).¹⁵

Se entiende por acuicultura extensiva al conjunto de actividades acuícolas en las que la obtención de juveniles y su engorde hasta tamaño comercial (las dos principales fases de todo cultivo) dependen exclusivamente del medio natural. En general las zonas naturales donde se practica la acuicultura extensiva constituyen ecosistemas lagunares complejos, que se caracterizan por su escasa profundidad (1-4 m), con lo que poseen una baja capacidad amortiguadora de los cambios climáticos y, en consecuencia, algunos de sus parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto) sufren importantes fluctuaciones estacionales y circadianas. Mantienen una elevada productividad fitoplanctónica y macrofítica en medios eutrofos, con alta disponibilidad

de materia orgánica procedente de aportes fluviales o marinos, y la escasa altura de la capa de agua, que conduce a una mayor movilización de los nutrientes. Debido a esto una de las características esenciales de los cultivos extensivos es que muchas veces estos se realizan en policultivo; es decir, engordando juntas varias especies en un mismo recinto. Dando pie a problemas de depredación y canibalismo. Entre otros factores a tomar en cuenta que en estos cultivos se encuentran la entrada de parásitos y otros agentes patógenos, además de una tasa de renovación de agua muy baja (de marea o por bombeo, 0 – 5 % de recambio de agua al día), pues dependen de la marea, del viento o de las descargas de los ríos, y no es posible renovar el medio mas que periódicamente.¹⁴

También existen cultivos extensivos estructurados, en los que hay una intervención directa del acuicultor en la atracción de las post-larvas del medio natural, hacia el interior de los estanques de engorde, mediante el diseño de compuertas especiales y la creación de corrientes de agua desde el estanque hacia el exterior, pero la alimentación de los crustáceos continúa dependiendo exclusivamente de la productividad natural del medio. Los intercambios de agua con el exterior pueden ser controlados por medio de compuertas o por bombeo.¹⁴

Los cultivos semi-intensivos se caracterizan porque hay una intervención del acuicultor en la alimentación de los organismos aportando alimento a los estanques, ya sea indirectamente, fertilizando el medio con abonos para favorecer el desarrollo vegetal, proporcionando así el alimento a las especies herbívoras, o directamente aportando cualquier preparado alimenticio a los estanques.¹⁴

Los factores determinantes para la acuicultura intensiva, en conjunto, habrán de reunir una serie de características que harán viable al sistema y pueden ser clasificados en cuatro categorías: biológicos, tecnológicos, económicos y comerciales. De las cuales, en este tipo de sistemas se toma especial interés en los aspectos topográficos, personal

técnico altamente calificado, mayor control de factores ambientales como la temperatura, un recambio de agua moderado (5-20% de recambio de agua día), el oxígeno disuelto y la acumulación de desechos en el entorno, sanidad, el tamaño, complejidad y costo de las instalaciones, alta tecnificación (bombas, filtros, alimentadores automáticos, etc.), alimentación con piensos comerciales, reproducción controlada, y una inversión económica proporcionalmente más elevada que para otros tipos de ganadería.¹⁴

La camaronicultura aumenta progresiva y marcadamente la necesidad de tecnología y mano de obra técnica-profesional, los sistemas intensivos presentan una tendencia de alejarse de la costa a tierras más altas. Es practicado usualmente en pequeños estanques de tierra, raceways o tanques (0,1-2 ha), típicamente con elevadas tasas de recambio de agua (bombeo: 25-100% de recambio día), aunque no es un sistema cerrado se emplea altas densidades de cultivo (más de 25 camarones m²), aireación continua o parcial (particularmente durante la fase final de producción), fertilización y alimentación completa, elevada demanda de mano de obra (1-3 trabajadores ha¹). La mayoría de las granjas producen al menos dos cosechas anuales, aunque en muchas granjas se logran 2.3-3.0 cosechas. Al comienzo de la producción acuícola en granjas, estas presentaban un sistema de producción extensivo, muchas de ellas aún existen en países como Tailandia, India, Indonesia, Vietnam, Bangladesh y Ecuador. En cuanto a los sistemas de recirculación de agua, debido a la necesidad de agua limpia y niveles adecuados de oxígeno, es que existen distintos sistemas para mantener los estanques con estas características. El nitrógeno amoniacal (NH₃ + NH₄⁺), es excretado por los peces a través de sus branquias y la orina, además es producido por la descomposición microbiana del alimento no consumido y sus excretas, por medio de las bacterias. El

alimento balanceado que es aportado a los peces, puede constituir hasta el 88% del nitrógeno en un sistema de cultivo.²⁰

Los sistemas de agua corriente son estanques atravesados por un flujo continuo de agua para mantener la adecuada calidad de esta, como se maneja en salmónidos por ejemplo. Como alternativa práctica se utilizan jaulas flotantes en grandes masas de agua siendo esta la base de los sistemas de granjas marinas. En el caso del sistema tradicional danés para criar trucha arcoíris consiste en estanque excavados en tierra en paralelo, a menudo ordenados en forma de espina de pescado, o sea laterales a un canal central de salida que también contiene peces; la tasa de renovación total del agua está en torno a 3 veces diarias. Las autoridades competentes exigen a los acuicultores constantemente la instalación de tanques de sedimentación para eliminar los sólidos en suspensión del agua procedente de la piscifactoría antes de permitir que vuelvan a la corriente de agua que la proporcionó.²³

En las últimas tres décadas, se han observado avances importantes en el diseño y manejo de los sistemas cerrados de recirculación de agua utilizados en la acuicultura, debido a que cada día aumenta la demanda por proteínas de origen animal y el grado de conciencia sobre lo frágil y limitado de los recursos acuáticos en el mundo. Es posible purificar el agua y por tanto engordar crustáceos y peces en sistemas de recirculación con un 10% o menos de incorporación continua de agua del exterior y con esto ofrecer un medio ambiente controlado para especies que puedan ser criadas en relativamente poca agua. Reacondicionar el agua de estos sistemas supone añadir aire u oxígeno, retirar los sólidos en suspensión (heces y restos de alimento) y retirar los metabolitos disueltos, especialmente el amoníaco. Las partículas sólidas son retiradas por filtración mecánica, por torbellinos de separación o en tanques de decantación. El efluente es pasado a continuación a través de filtros biológicos recubiertos por bacterias

nitrificantes, que transforman el amoníaco en nitratos y nitritos. Existen unidades de esterilización que retiran las partículas de materia por microfiltración antes de ser ozonizadas, usando un arco eléctrico de descarga para oxidar la materia disuelta a sus componentes elementales. El ozono tóxico es retirado, preferiblemente por radiación ultravioleta y por contacto con carbón activado. Entonces el agua esterilizada puede ser devuelta con seguridad al medio ambiente, pero necesita ser desgasificada antes de ser usada en estanques de peces.²³

Desde 1980 la mayoría de las granjas construidas en América Latina han sido del tipo semi-intensivo a intensivo, y en Asia del tipo intensivo e hiper-intensivo con una tendencia a disminuir significativamente el recambio de agua hasta el punto de recircular el agua dentro de la granja debido principalmente a la aparición del Virus de la Mancha Blanca en América Latina.¹⁵

Nuevas Tendencias y Alternativas de Cultivo

En los últimos tiempos, para mejorar la sustentabilidad y la bioseguridad, se han desarrollado sistemas hiper-intensivos de engorda de camarones sin renovación de agua. Minimizar la renovación de agua es una parte esencial de la camaronicultura moderna y ambientalmente responsable. Reducir el recambio del agua beneficia al productor bajando costos de bombeo de esta y reduciendo la posibilidad de introducir compuestos tóxicos, patógenos, vectores de enfermedades u otros organismos indeseables en la granja. Esto también beneficia el ambiente reduciendo la descarga de nutrientes y de materia orgánica de las granjas preservando recursos acuáticos.^{4, 24}

Las posibles tecnologías de tratamiento de efluentes en acuicultura son diversas. El reto para los diseñadores de sistemas de acuicultura es el desarrollo de sistemas que

maximicen la capacidad de producción por unidad de costo de capital invertido. Para ello, los componentes utilizados en sistemas de recirculación deben ser diseñados y desarrollados para reducir el costo de la unidad, mientras se mantiene la fiabilidad. La tecnología de bio-flóculos (Sistema BFT), el uso del biofilm o perifiton, lagunas de tratamiento integradas, filtros biológicos tipo “fluidized beds”, filtros de cuentas de arena, percoladores y los contactos biológicos rotatorios pueden ser considerados como buenas tecnologías de tratamiento de efluentes.¹⁷

El Sistema BFT (Bio-Floc Technology) como una Alternativa Sustentable

Investigaciones realizadas en las últimas décadas, demuestran el rol que juegan los diversos elementos de las comunidades bióticas en la nutrición del camarón en cultivo. Esta contribución puede llegar a ser de hasta un 70% de los requerimientos del organismo, dependiendo de diversos factores como: el estadio de desarrollo, el grado de intensificación del sistema de cultivo, las condiciones medioambientales, la calidad del agua, el sedimento y el tipo de comunidades planctónicas, bentónicas o nectónicas predominantes.²⁵

Las poblaciones silvestres de camarón se alimentan constantemente, pastoreando la materia orgánica particulada, habitantes de la infauna, y la epifauna o incluso algunos animales muertos. Esta conducta aumenta la biomasa y mantiene constante la ingesta en cantidades de alimento que facilitan la absorción y el metabolismo de los nutrientes. Cualquier exceso puede probablemente ser excretado o evacuado. Esta actitud de constante pastoreo se relaciona bien con el estado fisiológico del camarón, el cual no posee reservas, o en muy pequeñas cantidades, y que están bajo demanda constante. La actividad constante de pastoreo de los camarones en las zonas de crianza (que aunque muy productivas, son muy cambiantes en la diversidad de entidades alimenticias) ayuda

a que las post-larvas y juveniles puedan digerir todos los nutrientes presentes para su posterior utilización.¹⁴

En la mayoría de los casos, el pastoreo del camarón supera la capacidad productiva de los organismos en el sistema, de tal forma que al inicio del cultivo la productividad primaria puede aportar una proporción importante de su alimento pero poco a poco, a medida que la biomasa del camarón aumenta, esta contribución se hace cada vez menor.

El consumo de alimento artificial por parte de los camarones cambia considerablemente como resultado de la intensidad de luz, calidad del agua, suelo del estanque, disponibilidad de alimento natural, hora del día, estadio de muda y tamaño del camarón.¹⁴

Investigaciones anteriores evaluaron la contribución del alimento natural y pelletizado en el cultivo de *M. rosenbergii* (a una densidad de 0.5-1.5 animales/m²), y concluyeron que la biota es responsable entre 18 y 75% del crecimiento de los camarones. Aproximadamente el 65% del alimento añadido al estanque no es consumido por el camarón y se sugiere que una alta proporción de éste, no es directamente aprovechado por los organismos en cultivo, sino que es indirectamente consumido a través de la cadena trófica, particularmente a través de bacterias. En un experimento realizado en 1987 se estimó que después de 120 días de cultivo, solo el 36% del carbón orgánico en el camarón provino del alimento formulado, el 43%, de la productividad secundaria y el 22% del alimento pelletizado no consumido e incorporado a la cadena trófica de los estanques. Estos resultados muestran la necesidad de reevaluar, tanto el rol del alimento suplementario como de la productividad primaria en estanques de cultivo de camarón. La productividad primaria como una fuente de Carbono para el crecimiento, tiene evidentemente mayor importancia en los sistemas de cultivo semi-intensivo que en los

intensivos. En estos últimos, los alimentos suplementarios aportan la mayor parte de los nutrientes requeridos por el camarón durante prácticamente todo el ciclo de cultivo.¹⁴

Se ha destacado anteriormente la importancia de las bacterias como fuente de alimentación debido a las grandes concentraciones de Nitrógeno y Fósforo por volumen celular. Sin embargo, su tamaño reducido (0,5 – 1,5 µm de largo) dificulta su captura para los camarones.²⁶ Por otro lado, para ser mejor consumidas, las bacterias deben formar agregados o deben fijarse en otras partículas.²⁷ Otros experimentos atribuyen el 70-80% de la ganancia de peso de *Litopenaeus vannamei* cultivado bajo condiciones de laboratorio a la ingesta de flóculos bacterianos.²⁸

El uso de sistemas de producción de flóculos bacterianos (Bio-Floc Technology) para la formación de reproductores de alta calidad en ambientes cerrados, es una línea en la que todavía se tiene mucho por recorrer. Las características de los flóculos en función de la calidad del agua, la luz, los nutrientes, etc., serán algunos de los temas que deberán ser abordados sistemáticamente en el futuro inmediato. Los investigadores y productores han considerado la gran importancia que tienen las bacterias, levaduras y otros microorganismos para la nutrición de los camarones. Las líneas de investigación en este sentido deberán ser continuadas con el fin de desarrollar sistemas más eficientes y equilibrados de reciclaje de materia orgánica en los estanques. La posible fabricación de insumos para la formulación de alimentos balanceados aprovechando las ventajas de la biotecnología será sin duda un gran paso en el desarrollo tecnológico del cultivo de camarón.²⁹

Los flóculos bacterianos son macro-agregados formados por partículas suspendidas en el agua de cultivo de los camarones y contienen fitoplancton (diatomáceas y otras microalgas), bacterias, zooplancton, materiales detríticos, restos de exoesqueletos, organismos muertos y diversos invertebrados.^{4, 2, 30}

A principios de los años 90, la Tecnología Bio-Floc, BFT, (llamados también estanques de suspensión activa, o estanques heterotróficos) fue desarrollada originalmente para resolver problemas de tratamiento del agua. Se basa en el desarrollo y el control de densidad de bacterias heterotróficas, con el nulo o mínimo recambio de agua. Una comunidad microbiana se desarrolla al llegar a una densidad del orden de 10^7 unidades formadoras de colonias, UFC/ ml⁻¹ formando bio-flóculos,³⁰ cuyo producto es el crecimiento de la comunidad microbiana y la producción de proteína de origen microbiano.³

La recolección de los bio-floculados por los camarones y peces sirve como complemento de alto valor alimenticio, reciclando la fracción no utilizada del alimento y dando el doble de utilización de proteínas y alimento por parte de camarones y peces.³

El material orgánico suspendido (flóculos bacterianos) generado en los estanques de cultivo intensivo, tiene valor nutricional significativo para algunas especies y permite aumentar las tasas de crecimiento en su presencia,³¹ además de mantener una buena calidad del agua por la absorción y transformación del amonio. De esta forma es posible disminuir la demanda de proteína utilizada en el alimento balanceado, y contribuir con el mantenimiento de la calidad del agua.^{29, 30, 31, 32, 33} Se ha determinado que 70-80% de la ganancia de peso del *Litopenaeus vannamei* criados en condiciones de laboratorio se puede atribuir al consumo de flóculos bacterianos.³⁴

El cultivo de camarones con flóculos bacterianos es un sistema de producción que funciona con altas densidades (desde 100 camarones por m²) y es capaz de producir elevadas biomásas de camarones en pequeñas áreas de cultivo. En los EUA, en ese sistema, los cultivos de camarones con flóculos bacterianos han alcanzado niveles de producción de casi 7 kg de camarones/m² y hasta 13 kg/m² utilizándose volúmenes reducidos de agua.^{35, 36}

La desventaja de este tipo de sistema está en los altos costos de construcción y de operación que son, generalmente, compensados por el aumento de la densidad de siembra de los camarones.³⁷ El incremento de las densidades de siembra en niveles hiper-intensivos ha sido explorado para maximizar la producción por unidad de área. Sin embargo, el manejo de la producción se hace intenso y riguroso, comparado con los sistemas convencionales, principalmente con relación al monitoreo y control de la concentración de oxígeno disuelto en el agua. La demanda de ese parámetro es extremadamente elevada debido a la alta densidad de siembra de los camarones y principalmente, por la comunidad microbiana presente en el sistema.³⁸

Sin embargo, para esos niveles de producción, equipamientos como removedores de sólidos y el uso de oxígeno puro son condiciones fundamentales para el proceso. Una consecuencia del aumento de las densidades de siembra de cultivo es el acúmulo de residuos de alimento balanceado, materia orgánica y compuestos nitrogenados inorgánicos, que son perjudiciales en el agua de los estanques. El acúmulo de esos compuestos ocurre porque los camarones retienen un porcentaje muy pequeño de los nutrientes presentes en la ración y, como las cantidades de ración usadas en los cultivos con flóculos bacterianos son elevadas, una gran parte de los residuos generados en el proceso se acumula en el agua del cultivo. Por lo tanto, aunque los camarones toleren densidades de siembra elevadas de cultivo, el aumento de la biomasa de camarones en los sistemas intensivos compromete la calidad ambiental y la salud de los animales, ante eso se propone el control del Nitrógeno inorgánico mediante la manipulación de la relación Carbono:Nitrógeno como un método de control potencial para los sistemas de acuicultura. Este enfoque parece ser un medio práctico y barato para reducir la acumulación de Nitrógeno inorgánico en el estanque. El control del Nitrógeno fue inducido mediante la adición de carbohidratos en el agua, y mediante la absorción

posterior de Nitrógeno por las bacterias heterotróficas. Esto dará lugar a la síntesis de proteínas microbianas que pueden ser consumidas por las especies de camarones y peces cultivadas. Los experimentos con la suspensión de sedimentos modificado con alrededor de 10 mg N/l de amonio y glucosa a una concentración 20 veces mayor que el de la NAT mostró que casi todo el amonio agregado desapareció durante un período de alrededor de 2 h.³³

El sistema de cultivo de flóculos bacterianos más utilizado actualmente es conocido como “sistema aireado de reutilización microbiana con Nitrógeno balanceado” y se basa en el reaprovechamiento de los residuos nitrogenados por las bacterias a través de la manipulación de la relación Carbono:Nitrógeno de sustrato orgánico. La adición de Carbono al agua provoca un escape de Nitrógeno orgánico debido al desbalance entre la relación Carbono:Nitrógeno la cual es básica en la producción de proteína para la comunidad microbiana. De esta forma la concentración de Nitrógeno inorgánico puede ser controlada por la adición de una cantidad justa de carbono al sistema. Las bacterias aeróbicas heterotróficas colonizan las partículas de residuo orgánico y absorben del agua el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y otros nutrientes. Este proceso mejora la calidad del agua y recicla residuos en los detritos enriquecidos por bacterias (flóculos bacterianos). Estos flóculos bacterianos van a ser utilizados por los organismos cultivados, como una fuente de alimento altamente proteica.¹⁰

La relación entre la adición de hidratos de Carbono, la reducción de amonio y la producción de proteínas microbianas depende del coeficiente de conversión microbiana, la relación de Carbono:Nitrógeno en la biomasa microbiana y el contenido de Carbono del material añadido. Como ejemplo, fue encontrado en estanques de tilapia que las proteínas microbianas producidas son ingeridas por los peces. Por lo tanto, parte de la alimentación proteica se sustituye y los costos de alimentación se reducen. La adición

de hidratos de Carbono, o la equivalente reducción de las proteínas en la alimentación, pueden ser cuantitativamente, calculadas y optimizadas.³²

Los flóculos formados durante el proceso de producción en sistemas sin recambio de agua poseen una composición semejante (diatomáceas, partículas fecales, exoesqueletos, restos de organismos muertos, bacterias protozoarias e invertebrados) a la descrita para los macro-agregados o nieve marina.³⁹

Esta “nieve marina” son agregados amorfos de 500 micras o más y han sido ampliamente encontrados en el agua marina. Desde que se caracterizó en primer lugar, su importancia como microambientes para el metabolismo microbiano, es cada vez más clara. Las bacterias heterotróficas son los componentes más abundantes de estos microambientes, y más investigaciones se han centrado en la relación entre el agregado y las bacterias que lo colonizan. Cuando los agregados aparecen, son rápidamente colonizados y transformados por las bacterias representando un microambiente nuevo y distinto al que se ofrece para los protistas para crecer.⁴⁰ La riqueza de los microorganismos presentes en estos agregados puede aumentar el valor nutritivo del detrito para la especie consumidora.⁴¹

Puede establecerse que el éxito de los ambientes heterotróficos en cultivo de los camarones podría estar asociado con el aporte de proteína y su consecuencia en el estado de salud general de los organismos, como fue comprobado por Valenzuela en 2006, para *F. duorarum*.⁴²

Con todo, el sistema BFT (Bio-Floc Technology) que se ha presentado bien con *L. vannamei*, para *F. duorarum* aún se buscan prácticas de manejo que permitan mayor sobrevivencia y mayor crecimiento, parámetros de producción que no se han obtenido en esfuerzos anteriores,⁴³ y puede ser adecuado para el cultivo de especies aún no domesticadas como el camarón rosa del Golfo de México.^{35, 44, 45}

HIPÓTESIS

El camarón rosa del Golfo de México *Farfantepenaeus duorarum* con hábitos alimenticios preferentemente carnívoros, tendrá mejor desempeño productivo: sobrevivencia, crecimiento, peso, y conversión alimenticia, producido en sistema BFT (Bio-FlocTechnology), comparado con el cultivado bajo un sistema de recambio de agua de 32% diario, durante 90 días.

OBJETIVOS:**1. Objetivo General:**

Evaluar y comparar el desempeño productivo del camarón rosa del Golfo de México *Farfantepenaeus duorarum* producido bajo un sistema Bio-Floc Technology (BFT), con un sistema de recambio de agua del 32% diario.

2. Objetivos Específicos:

- Evaluar la sobrevivencia del camarón rosa *F. duorarum* a los 90 días de cultivo.
- Evaluar la ganancia de peso del camarón rosa *F. duorarum* a los 90 días de cultivo.
- Determinar el factor de conversión alimenticia del camarón rosa *F. duorarum* (FCA) a los 90 días de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODO

El experimento fue realizado en el área de estanques externos de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) de la Facultad de Ciencias-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), campus Sisal, localizada en la región costera noreste del estado de Yucatán (21°9'55.22 N, 90°1'54.93 W) en el puerto de abrigo Sisal, municipio de Hunucmá en Yucatán, México (Figuras 1 y 2).



Fig. 1.- Ubicación de Sisal Yucatán en el Golfo de México



Fig.2.- Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación.

Las post-larvas de camarón fueron producidas en el laboratorio de larvicultura de la UMDI-UNAM, a partir de reproductores silvestres capturados en el Golfo de México. Fueron utilizados juveniles de 1 g de *F. duorarum* en una densidad de 100 juveniles/m² en agua marina. Las post-larvas fueron aclimatadas en 2 estanques circulares durante una semana y después sembradas en 6 estanques circulares experimentales (2000 post-larvas/estanque) de 5 m de diámetro y 0.85 m de altura (20 m³ de capacidad), con base de fibra de vidrio cubiertos con geomembrana de PVC Alkorplan[®] de 1.0 mm, protegidos con malla sombra (50%) para reducir la intensidad luminosa y limitar el crecimiento de los organismos autótrofos además de proteger a los camarones de las aves.

Se utilizó un diseño experimental de 2 tratamientos con 3 repeticiones bajo el siguiente esquema: Tratamiento₁ Sistema Bio-Floc Technology (BFT) y Tratamiento₂ Agua Clara (AC).

Los tratamientos consistieron:

- Tratamiento₁ BFT = Sistema Bio-Floc Technology, sin cambio de agua y con fertilización orgánica.
- Tratamiento₂ AC = Agua clara, recambio durante todo el experimento del 32% (5000 l/día) diario de agua, sin fertilización orgánica.

La duración del bioensayo fue de 90 días.

Los estanques fueron abastecidos con agua de mar (35 ± 5 g/l) pasada por filtro de arena.

La aireación intensiva fue suministrada por medio de un soplador de aire (Sweetwater[®] 5HP).

Los variables físicas y químicas del agua como oxígeno disuelto temperatura, pH y salinidad fueron monitoreados diariamente, 2 veces durante el día y 3 veces durante la noche (08:00, 16:00, 20:00, 24:00 y 04:00), utilizando un Analizador Multiparámetro marca Hach[®] modelo SensION6-Hq40. La transparencia fue medida diariamente a las 12:00 pm con un Disco de Secchi (Aquatic Ecosystems Inc.[®]). El Nitrógeno Amoniacal Total (NAT), Nitrito (NO₂) y Nitrato (NO₃) con un kit para Amonio (Saltwater Máster) de la marca Hach[®], cada tercer día.

En los estanques de Bio-Floc, previo al inicio del experimento, se agregó alimento balanceado molido para camarón, (como fuente de Nitrógeno y melaza de caña para adicionar Carbono y promover la relación Carbono/Nitrógeno de 20:1 como una manera de fertilizar el estanque y comenzar la formación de bio-floculados.³¹

Semanalmente se midió la densidad de los bio-floculados en el agua con los Conos Inhoff de 1 L de la marca Wheaton[®], adicionando 1 L de agua de cultivo a los conos y dejando sedimentar durante 15 min, según la metodología de Avnimelech, 2008.⁴⁶

Los animales de ambos tratamientos fueron alimentados durante todo el periodo experimental con alimento comercial Api-Camarón[®] con 40% de Proteína Cruda (PC) donado por Malta Texo SA de CV, según la tabla de alimentación de Agribrands Purina[®], 2006, repartido en 5 porciones (08:00, 16:00, 20:00, 24:00 y 04:00). Se alimentó mediante bandejas o charolas de alimentación.⁴⁶ El promedio de alimentación diaria en base a la biomasa que se agrego fue de 5.54 g en los estanques con recambio de agua y de 5.24 g para los estanques con el sistema BFT.

Rendimiento de los camarones:

Sobrevivencia:

Al final del periodo experimental todos los animales fueron colectados con redes y contados individualmente para cuantificar la sobrevivencia.

Crecimiento en Peso:

Cada 15 días fueron realizadas biometrías tomando una muestra de 50 camarones de cada estanque, los pesos fueron obtenidos utilizando una balanza digital (0.1-600 g) modelo Scout Pro de la marca Ohaus.

Coefficiente de Conversión Alimenticia (CCA):

El Coeficiente de Conversión Alimenticia fue calculado a través de la ecuación:

$CCA = \text{Cantidad de alimento suministrado} / \text{Biomasa total producida}$.

El CCA fue calculado para las diferentes repeticiones y después por tratamiento.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los valores de: sobrevivencia, crecimiento en peso y conversión alimenticia fueron analizados con ayuda de la prueba de t de Student para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos.

RESULTADOS

Sobrevivencia: La sobrevivencia en los estanques no tuvo diferencias significativas, para AC fue de 58.67% y en los estanques de BFT fue de 56.68% al término del experimento (Anexo 1).

Crecimiento: El comportamiento del crecimiento se mantuvo constante con tendencia muy similar en ambos tratamientos, mostrando para los camarones en los estanques con recambio de agua $3,93 \pm 1,08$ y $4,13 \pm 0,97$ para los camarones en el sistema BFT (Anexo 2).

Factor de Conversión Alimenticia: El FCA para los camarones en los estanques con recambio de agua fue de 2.46 ± 1.16 y para los camarones en el sistema BFT fue de 1.69 ± 0.65 (Anexo 3).

Variables de calidad del agua: Las variables durante el experimento se comportaron de la siguiente manera:

Temperatura: Durante este experimento la temperatura fue muy similar en ambos tratamientos durante el día y la noche variando entre 27 y 29°, manteniéndose dentro de la temperatura óptima para la especie (Anexo 4).

Oxígeno Disuelto: Los niveles de Oxígeno Disuelto (OD) se mantuvieron entre 5 y 8 mg/l durante todo el experimento, niveles óptimos para el cultivo de camarones peneidos (Anexo 5).

pH: Presentó un comportamiento similar, tendiendo a ser más básico al principio del experimento, pero se estabilizó al final en 7.5 manteniendo un ambiente óptimo para los camarones en este sistema (Anexo 6).

Salinidad: La salinidad se mantuvo entre 36 y 40 g/l durante todo el experimento, variaciones normales en un ambiente con tanta evaporación (Anexo 7).

Transparencia: La turbidez por plancton en los estanques del tratamiento BFT se mantuvo entre 35 y 25 cm y en 60 cm para los del AC durante casi todo el ensayo (Anexo 8).

Densidad del Flocc: En los estanques del Tratamiento BFT hubo un incremento constante de la cantidad de materia orgánica suspendida en el agua en forma de bio-floculados (Anexo 9).

Nitrógeno: Los niveles de amonio y nitrito del sistema BFT mostraron un máximo de 2.51 en la quinta semana y de 10.23 en la décima semana respectivamente. Seguido de un descenso hacia niveles óptimos (Anexo 10).

DISCUSIÓN:

Como en el experimento realizado por Valenzuela en el 2009, la sobrevivencia no mostró diferencias significativas, en ambos se presentó un aumento de la mortalidad por factores relacionados directamente con el cultivo. Hay que resaltar que se tuvieron mortalidades en ambos tratamientos debido a fallas eléctricas con las bombas, sin embargo en general los niveles de oxigenación fueron óptimos. La demanda de ese parámetro es extremadamente elevada debido a la alta densidad de siembra de los camarones y principalmente, por la comunidad microbiana aeróbica presente en el sistema. Por otro lado, al final del bioensayo se detectó presencia de *Vibrio* sp en el agua de las instalaciones, los camarones presentaron un color azul-verdoso intenso, particularmente en el sistema AC, mientras que los camarones del sistema BFT mostraban la coloración típica rosada de esta especie. Recordando que en el sistema BFT el recambio de agua solo se dio por motivos de evaporación, se sugiere que la biomasa microbiana heterotrófica puede tener un efecto de control de bacterias patógenas como se demostró en un experimento realizado por Crab, Avnimelech, Defoirdt, Bossier y Verstraete en el 2007 al igual que en el experimento de Valenzuela del 2009.

En cuanto al crecimiento en peso, no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Resultado diferente al obtenido por Valenzuela en 2009, en cuyo experimento encontró un aumento en la ganancia de peso de *F. duorarum* después del día 100 en los camarones en el tratamiento BFT y una disminución en la ganancia de peso del tratamiento con Agua Clara. En este experimento de Valenzuela en 2009 la ganancia de peso registrada previa al día 100 fue inferior para los camarones en el tratamiento BFT, comparada con los del tratamiento con Agua Clara.

La presencia de alimento vivo en el agua complementó el consumo predominantemente carnívoro del *Farfantepenaeus duorarum*, mejorando con esto su dieta, en comparación con los camarones en agua clara; hecho que se confirmó con la disminución en el consumo de alimento balanceado y por lo tanto un mejor Factor de Conversión Alimenticia.

Estos resultados parecen sugerir que si los carbohidratos se añaden a la columna de agua para estimular las poblaciones bacterianas y por lo mismo aumentar la producción de proteínas producidas por bacterias heterotróficas, el nivel de proteína en la dieta podría reducirse del 40% al 25%, sin comprometer la producción de camarón como lo demuestran en su experimento Hari, Madhusoodana, Varghese, Schama, y Verdegem. Con respecto al crecimiento en peso no existieron diferencias entre los tratamientos, sin embargo cuando se revisó el consumo de alimento balanceado, este fue mayor en el sistema AC.

El requerimiento alimenticio del camarón en crecimiento en modelos BFT fue estudiado por Panjaitan en 2004. Encontró que la reducción en la alimentación hasta en un 30% menos que la alimentación convencional, no disminuyó el crecimiento del camarón, probablemente debido a la sustitución parcial del alimento por los flóculos microbianos. El reciclaje de las proteínas y la menor demanda de fuentes externas de proteínas es un importante avance para las especies en cultivo, lo que garantiza su éxito y la reducción de la presión de pesca sobre los ecosistemas marinos y sus recursos.

El experimento realizado por Valenzuela en 2009 obtuvo un factor de conversión alimenticia de 2:1 para BFT y de 4:1 para AC, mientras que en el presente experimento los datos no presentaron diferencias estadísticas para el FCA (1.69:1 para BFT y 2.46:1 para AC), sin embargo pudo haber faltado un mejor control del alimento sobrante en los alimentadores, ya que este no fue pesado y el ajuste de la ración fue subjetivo, por lo

que no se valoró exactamente la cantidad de alimento que consumían los camarones, no obstante, la tendencia es a consumir menos alimento en el tratamiento BFT, esto puede ser explicado por la presencia de una gran cantidad de alimento vivo, que en los estanques del tratamiento BFT le permitió al camarón aprovechar toda la columna de agua en busca de alimento, lo cual al productor le significará un ahorro significativo de los costos de producción.

En cuanto a las variables físico-químicas podemos observar que la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto, se mantuvieron dentro de los requerimientos óptimos para el cultivo de peneidos. Resultados semejantes a los obtenidos por Valenzuela en 2009 en un experimento con condiciones similares, igualmente no encontró diferencias significativas entre tratamientos en términos de temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad. En el caso particular de los compuestos nitrogenados, las concentraciones tanto de Amonio como de Nitrito fueron superiores a 2.51 y 10.23 respectivamente, valores identificados como mortales para los cultivos tradicionales, sin embargo resultan comunes en el tratamiento BFT, y fueron controlados siempre con la adición de la melaza de caña para mantener la relación Carbono:Nitrógeno de 20:1 como indica Avnimelech en 2009. Cuando el amonio y el nitrito alcanzaron valores superiores a 1 mg/l^{-1} fue adicionada melaza de caña para nivelar la relación de Carbono:Nitrógeno, que trajo unas horas después una baja normal de oxígeno y la regulación de los metabolitos nitrogenados por acción bacteriana.

La adición inicial de fertilizante a los estanques fomentó el crecimiento de micro algas, especialmente diatomeas en los estanques BFT; cubrir los estanques con malla sombra podría haber favorecido el desarrollo de organismos heterotróficos limitando el crecimiento de organismos autótrofos. Pocos días después de la colocación de la sombra fueron registrados cambios en el color de los sedimentos retirados diariamente (de verde

a marrón) y un aumento en la turbidez, lo que hacía evidente la formación de Bio-Floc en los estanques (Anexo 9). La reducción de la intensidad luminosa favoreció el desarrollo bacteriano para la formación de agregados de materia orgánica como demuestran Cuzon, Goguenheim y Gaxiola en 2008. En el sistema de Agua Clara se evitó la formación de algas, se mantuvo controlada la turbidez en los estanques y el ataque de aves. Al momento de cubrir los estanques hubo una reducción en las poblaciones de fitoplancton incrementando los niveles de amonio en el sistema, haciendo necesaria la adición de Carbono a través de la melaza de caña para convertir el amonio en proteína de origen microbiana. La melaza fue aplicada durante las primeras 5 semanas diariamente en pequeñas dosis (desde 26.38 g hasta 474.90 g dependiendo del amonio presente) y en la octava semana, que fue donde se presentaron los niveles más altos de amonio y nitritos, se agregó la cantidad necesaria que permitiera mantener 20 moléculas de Carbono por cada molécula de Nitrógeno registrando un valor máximo de 474.90 g de melaza. Considerando que 6 g de Carbono se utilizan para convertir 1 g de Nitrógeno generado en biomasa proteica la melaza sólo se agregó cuando era necesario de acuerdo con los niveles de amonio. (Samocho, Susmita, Speed, 2007 y Ebeling, Timmons, Bisogni, 2006). Después de esto el sistema se estabilizó. La transformación diaria del exceso de sedimentos en el fondo del estanque y el aumento en la actividad bacteriana mantuvo controlada la producción de amonio, además de mantener una calidad alta en la comida basada en microorganismos. Por el actual estado de deterioración ambiental que enfrentamos, es imperativo que el acuicultor aprenda a no convertir una estación de cultivo en otro agente más de contaminación. La contaminación, se caracteriza por sus efectos ecológicos, que entrañan transformaciones del medio ambiente de forma tal que éste se torna inapropiado para el desarrollo normal de las poblaciones acuáticas. Debido a que las unidades de cultivo de organismos acuáticos

son en la mayoría de los casos sistemas abiertos, necesariamente diversos tipos de materia y energía entran y salen constantemente del sistema. De esta forma, no solamente debemos preocuparnos con lo que entra en nuestras unidades de cultivo sino también con lo que sale de ellas pues, tarde o temprano, los elementos eliminados volverán a entrar en nuestro sistema.

Un exceso en la turbidez del sistema puede presentar efectos negativos en algunas especies acuáticas y por eso se debe mantener un cuidado especial en partes del sistema como la oxigenación. Así lo demostró Avnimelech en su estudio del 2004. Cuando la turbidez de un cuerpo de agua es muy alta (es decir, con poca transparencia), además de la estratificación de la temperatura, el cuerpo de agua puede llegar a sufrir una estratificación del oxígeno disuelto. Esto se explica porque la luz, al no estar presente en los estratos inferiores del estanque, no es capaz de estimular el proceso de fotosíntesis, el cual es el principal responsable por la producción del oxígeno en los estanques de cultivo.

CONCLUSIONES

F. duorarum se adaptó al sistema BFT y tuvo un crecimiento similar al obtenido en el tratamiento AC.

La sobrevivencia en ambos tratamientos fue buena (56 a 60%), si consideramos la obtenida en trabajos que hay sobre el cultivo de esta especie, en donde se registran sobrevivencias similares de entre 50 a 70%. En ambos tratamientos se logró cubrir las necesidades carnívoras de la especie, tanto con el uso del alimento balanceado como con los bio-floculados, sin embargo, debe seguirse un manejo estricto de la cantidad de alimento sobrante en el tratamiento BFT ya que la reducción en el consumo de alimento balanceado es una excelente oportunidad para disminuir los costos del cultivo.

La eficiencia del sistema BFT permitió no hacer recambio de agua reduciendo el impacto ambiental al tirar agua y disminuir el riesgo de introducción de microorganismos patógenos, incrementando la Bioseguridad.

Al parecer el sistema BFT proporciona a los camarones un tipo de alimentación similar al de su medio natural y puede funcionar como probiótico, mejorando la eficiencia nutricional manifestada como crecimiento y resistencia contra ataques patógenos.

REFERENCIAS:

1. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma: FAO, 2012: 3, 6, 7, 28.
2. CRAB R, AVNIMELECH Y, DEFOIRDT T, BOSSIER P, VERSTRAETE W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Science Direct. Aquaculture 2007; 270: 1-14.
3. BOYD CE. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm- level. Aquaculture 2003; 226: 01-112.
4. NACA. International Principles for Responsible Shrimp Farming. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. Thailand (Bangkok): NACA, 2006: 20.
5. ARREGUÍN-SÁNCHEZ F, ZETINA-REJÓN M, RAMÍREZ-RODRIGUEZ M. Exploring ecosystem based harvesting strategies to recover the collapsed pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum*) fishery in the southern Gulf of Mexico. Ecological Modeling 2008; 214: 83-94.
6. ÁLVAREZ F, GRACIA A, SOTO L. Crecimiento y mortalidad de las fases estuarinos del camarón Rosado *Penaeus* (*Farfantepenaeus duorarum*) (Burkenroad, 1939) en la laguna de términos, Campeche, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 1987; 2: 133-246.
7. UNIDAD DE EDUCACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MAR. Diseño, instalación y operación de una unidad para la obtención de post-larva de camarón. Secretaría de Educación Pública 1994; 24: 30.
8. MARTÍNEZ-CÓRDOVA LR. Cultivo de camarones peneidos. Principios y prácticas. AGT Editor, S.A., 1999.

9. SÁNCHEZ AJ. Habitat preference of *Penaeus duorarum* Burkenroad (Crustacea: Decapoda) in a tropical coastal lagoon, southwest Gulf of Mexico Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 1997; 217: 107-117.
10. MUÑOZ O. Comparación entre extruido y pelletizado en alimentos de camarones. Avances en nutrición Acuícola VII. Memorias del VII SIMPOSIUM Internacional de Nutrición Acuícola; 2004 noviembre 16-19; Hermosillo (Sonora) México, 2004: 397-417.
11. RAMÍREZ-RODRÍGUEZ M, ARREGUÍN-SÁNCHEZ F, LLUCH-BELDA D. Efecto de la temperatura superficial y salinidad en el reclutamiento del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Decapoda: Penaeidae), en la Sonda de Campeche, Golfo de México. Revista de Biología Tropical 2006; 54(4): 1241-1245.
12. COMISIÓN DE PESCA. Pesca, Acuicultura e Investigación en México. México (DF): CEDRSSA, 2006: 70, 72, 73.
13. COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA. Generará la acuicultura mayor producción de alimentos. México (Sinaloa): CONAPESCA, 2012. Available from: http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/20_de_agosto_de_2012_mazatlan_sinaloa.
14. CYTED, DSM, UNAM, MALTA-CLEYTON. Estado actual y perspectivas de la nutrición de los camarones peneidos cultivados en Iberoamérica subprograma II “Acuicultura” Red Temática II.C 2006:142, 322, 231-233.
15. JORY DE. Manejo integral del alimento de camarón, de estanques de producción camaroneros, y principios de bioseguridad. 2001: 8.

16. MUNDI-PRENSA, EDITOR. ZOOTECNIA, Bases de producción animal. Producción animal acuática. Tomo XIII. Madrid, España, 1997: 85-91, 102, 105.
17. HOROWITZ A, HOROWITZ S. Microorganismos y prácticas de alimentación en acuicultura. Aquan. de Latin. 2001; 1(1): 37-39.
18. AVNIMELECH Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Department of Civil and Environmental Eng., Technion, Israel Inst. of Technology, 32000 Haifa, Israel. 2007; 264: 140-147.
19. JIANG DH, LAWRENCE AL, NEILL WH, AND GONG H. Effects of temperature and salinity on nitrogenous excretion by *Litopenaeus vannamei* juveniles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 2000; 253: 193–209.
20. OSTRENSKY NA, BARBIERI RCJ. Camarões Marinhos. Aprenda Fácil 2002: 367.
21. NAVARRETE-DEL PRÓO AF. Análisis de la biología pesquera del camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*, Burkenroad, 1939), en la Sonda de Campeche, Campeche, México, 2007; 98, 110, 120, 122.
22. LYDIA BROWN, editor. Acuicultura para veterinarios, producción y clínica de peces. North Chicago, USA. Edit. ACRIBIA, S.A. 2000; 48-51.
23. DECAMP O, CODY J, CONQUEST L, DELANOY G, TACON AGJ. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone), with experimental zero water exchange culture systems. Aquaculture Res 2003; 34: 345–355.
24. MALLASEN M AND VALENTI WC. Effect of nitrite on larval development of the giant river prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 2006; 261: 1292-1298.

25. THOMPSON FL, ABREU PC, CAVALLI R. The use of microorganisms as food source for *Penaeus paulensis* larvae. *Aquaculture* 1999; 174: 139-153.
26. CONOVER RJ. Interrelations between microzooplankton and other plankton organisms. *Ann. Inst. Océanogr, Paris* 1982; 58: 31-46.
27. BIANCHI ME, BERDIER A, BIANCHI AM, DOMENACH & MARTY D. Use of ¹⁵N Labelled Food Pellets to Estimate the Consumption of Heterotrophic Microbial Communities to Penaeid Prawns Diet in Closed-System Aquaculture. In: R. Lésel (ed.). *Microbiology in Poecilotherms*, Elsevier Science Publishers, B. V. (Biomedical Division), Amsterdam, the Netherlands 1990.
28. CHEN S, LING J, AND BLANCHETON JP. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering* 2006; 34(1): 79–197.
29. HARI B, MADHUSOODANA B, VARGHESE JT, SCHAMA JW, VERDEGEM MCJ. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems *Aquaculture* 2006; 252: 248-263.
30. BURFORD MA, THOMPSON PJ, BAUMAN RH, PEARSON DC. Nutrient and microbial dynamics in high-intensive, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 2003; 219: 393-411.
31. TACON AGJ, CODY JJ, CONQUEST LD, DIVAKARAN S, FORSTER IP, DECAMP OE. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets *Aquaculture Nutrition* 2002; 8: 121-137.
32. AVNIMELECH Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 1999; 176: 227-235.

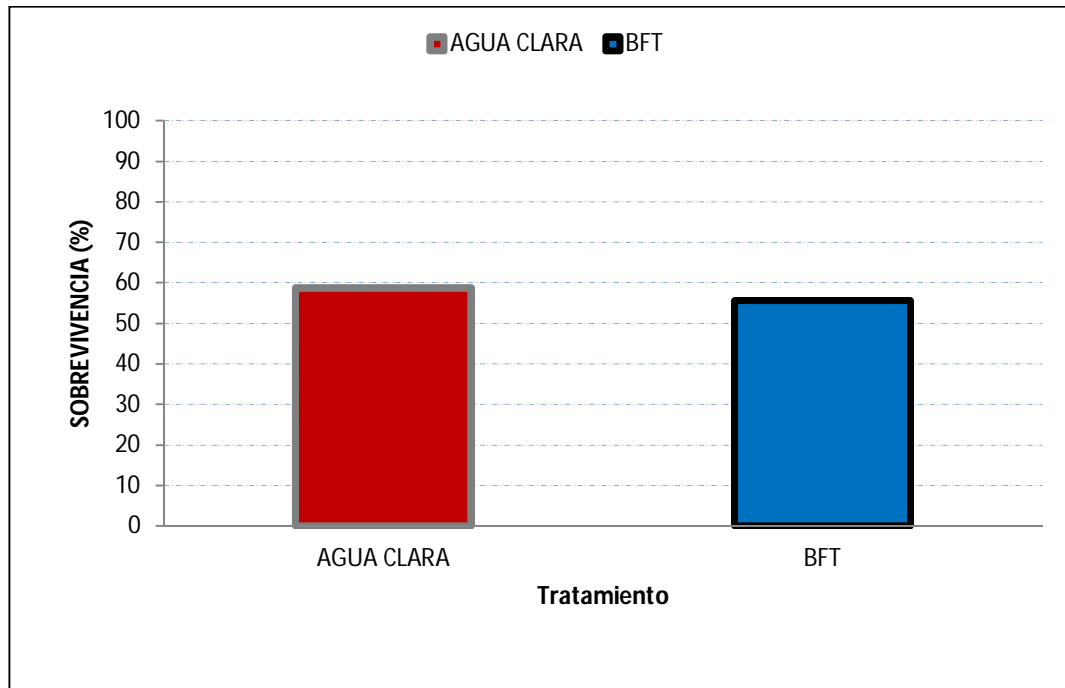
33. MCINTOSH BJ, SAMOCHA TM, JONES ER, LAWRENCE AL, MCKEE DA, HOROWITZ S, HOROWITZ A. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet on outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering* 2000; 21: 215-227.
34. OTOSHI CA, TANG LR, DAGDABAN DV, HOLL CM, TALLAMY CM, MOSS DR, SMARCE & MOSS SM. Super intensive grow-out of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: Recent advances at the oceanic institute. In: proceeding on the 6th International conference Recirculating Aquaculture 2006: 1-5
35. WASIELESKY JR. W, ATWOOD H, STOKES A, BROWDY CL. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive system for white shrimp *Litopenaeusvannamei*. *Aquaculture* 2006; 258: 396-40.
36. WASIELESKY JR. W, KRUMMENAUER D, E POERSCH LH. Cultivo de camarones en sistema de Bioflocos (Biofloc Technology). *Revista de ABCC* 2009; 1.
37. DECAMP OE, CONQUEST L, CODY J, FORSTER I. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. *Journal World Aquaculture Society* 2007; 38: 395-406.
38. OTOSHI CA, MONTGOMERY AD, LOOK AM, MOSS SM. Effects of diet and water source on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquaculture Society* 2001; 32: 243-249.

39. DECAMP O, CONQUEST L, FOSTER I, TACON AGJ. The nutrition and feeding of marine shrimp within zero water exchange aquaculture production systems: role of eukariotic microorganisms. In: Microbial Approaches to Aquatic Nutrition Within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems. (ed. by Lee C. S. & O'Brien P.) 2002: 79 – 86.
40. ARTOLOGAZA I, AYO B, LATATU A, AZUA M, UNAME M, IRIBIERII J. Spatial distribution of protists in the presence of macroaggregates in marine system. FEMS Microbiology Ecology 2000; 33: 191–196.
41. LEHTO JS, SULKIN S, STROM S, JOHNSON D. Protists and detrital particles as prey for the first larval stage of brachyuran crab, *Hemigrapsus oregonensis*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 1998; 230: 213–224.
42. VALENZUELA-JIMÉNEZ MA. Condición fisiológica e inmunológica del camarón-rosa del Golfo de México *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) cultivado en Sistema BFT (Bio-Floc Technology). FURG, Rio Grande, RS. 2009.
43. LÓPEZ-TÉLLEZ N, HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ J, RAMÍREZ-LIGONIO H, SECA-ESCALANTE J. Crecimiento del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* en estanques rústicos. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera 2001; 14.
44. ANDREATTA ER, ROSAS VC. Perspectivas en la Investigación en nutrición de camarones Peneidos en: Estado actual y perspectivas de la nutrición de los camarones peneidos cultivados en Iberoamérica. CYTED 2006: 322.
45. CUZÓN G, LAWRENCE A, GAXIOLA G, ROSAS C, GUILLAUME J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. Aquaculture 2004; 235: 513-55.

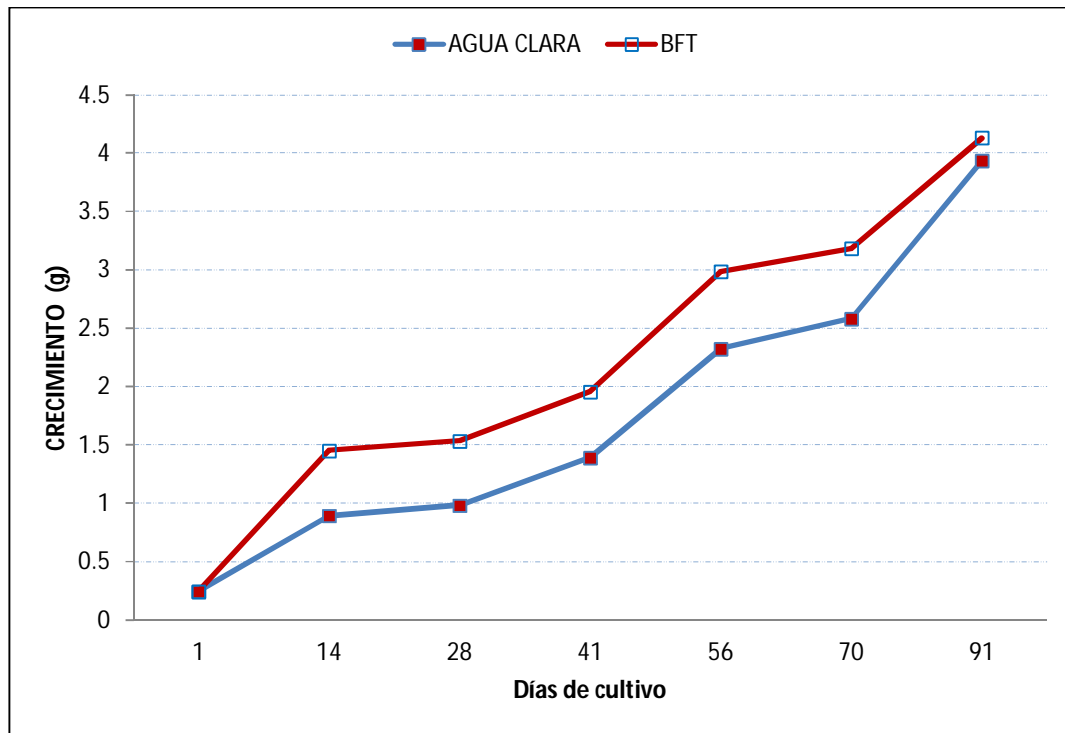
46. AVNIMELECH Y. Apuntes del Curso Bio-Floc Technology (BFT): Las bases de la Aplicación. Mérida, México 28-31 de julio de 2008; 1: 45-55.
47. SEIFFERT QW, ANDREATTA E. El manejo de la alimentación y la sostenibilidad en el cultivo de camarones en el Brasil. In L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villareal Cavazos, Scholz, U. y Gonzáles M. Avances en Nutrición Acuícola VII. VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola 16-19 Noviembre. Hermosillo (Sonora) México. 2004.
48. CUZON G, GOGUENHEIM J, GAXIOLA G, AQUACOP. Floc contribution to penaeid intensive culture. Avances en Nutrición Acuícola IX. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola; 2008 Noviembre 24-27; Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, 2008: 365-381.
49. SAMOCHA TM, SUSMITA P, SPEED M. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural engineering 2007; 36: 184-191.
50. EBELING JM, TIMMONS MB, BISOGNI JJ. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture 2006; 257: 346–358.
51. AVNIMELECH Y. Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. Aquacultural Engineering 2006; 34: 172–178.

ANEXOS

ANEXO 1. Supervivencia de *F. duorarum* en los tratamientos

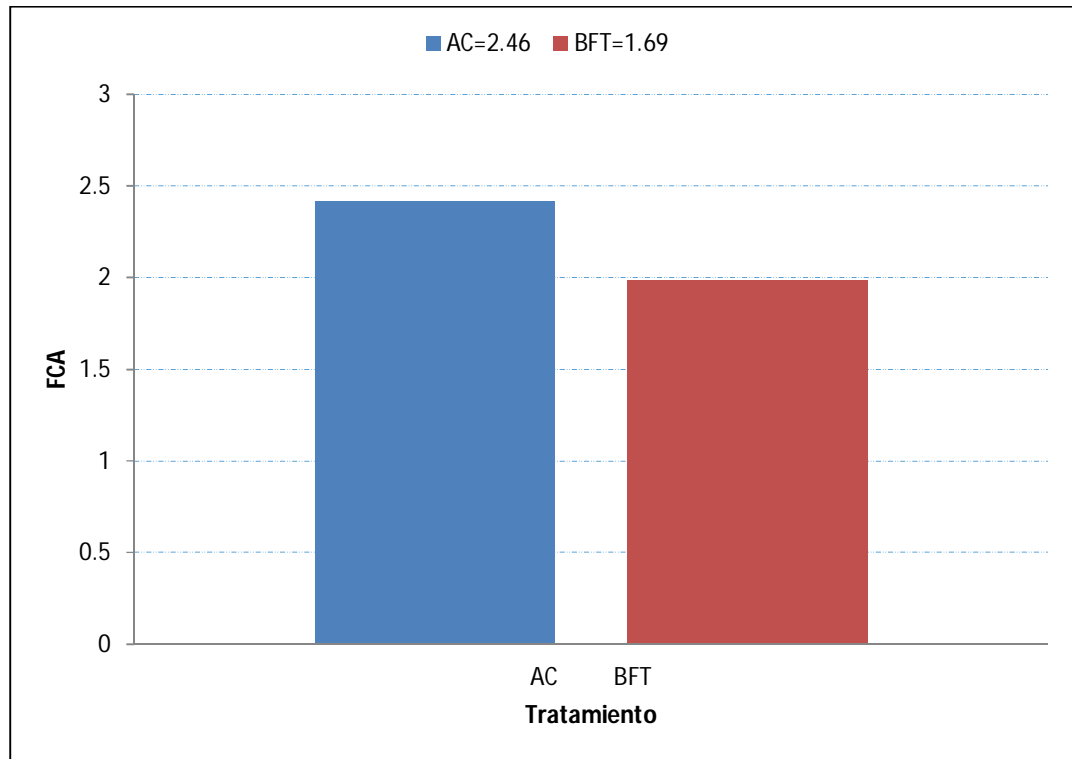


Gráfica 1. Supervivencia de *F. duorarum* para ambos tratamientos durante el experimento. AC (58.67%) y BFT (55.68%)

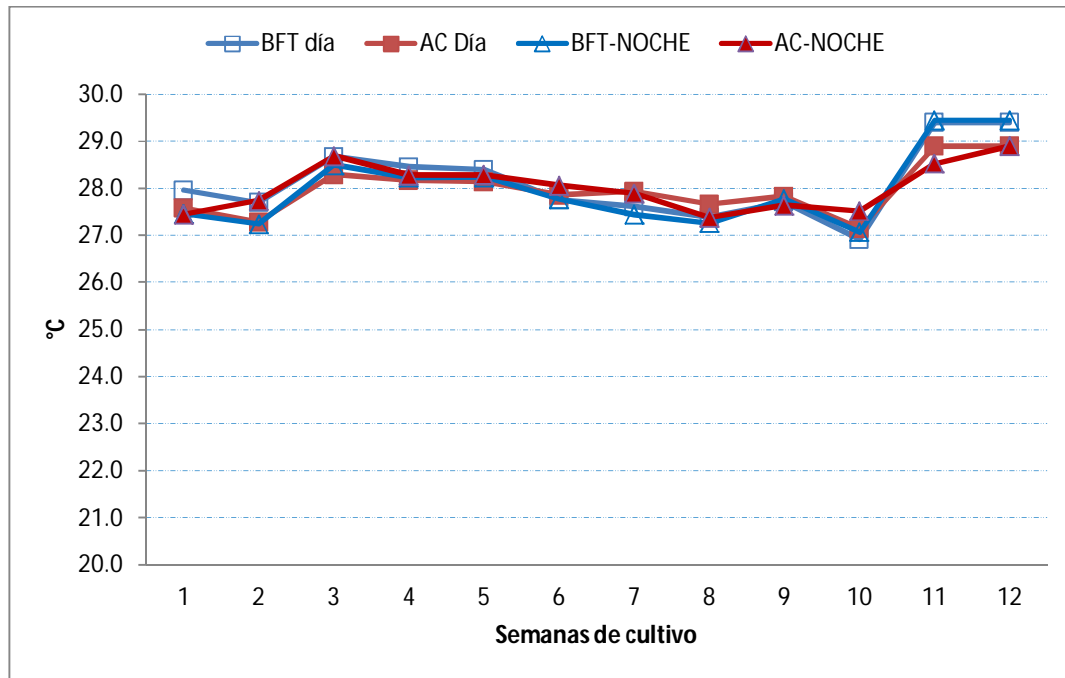
ANEXO 2. Crecimiento en peso de *F. duorarum* en los tratamientosGráfica 2. Comportamiento del crecimiento de *F. duorarum* para ambos

tratamientos durante el experimento. Peso promedio final:

AC ($3,93 \pm 1,08$ g) y BFT ($4,13 \pm 0,97$ g)

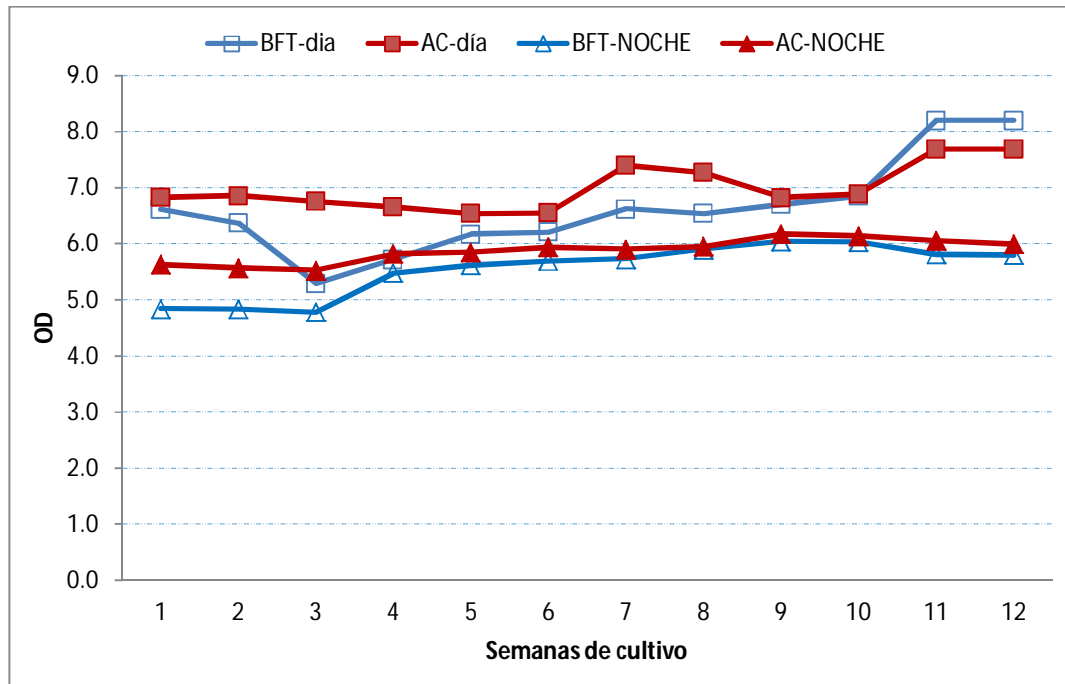
ANEXO 3. Factor de conversión alimenticia de *F. duorarum* en los tratamientos

Gráfica 3. Comportamiento del factor de conversión alimenticia de *F. duorarum* para ambos tratamientos durante el experimento.

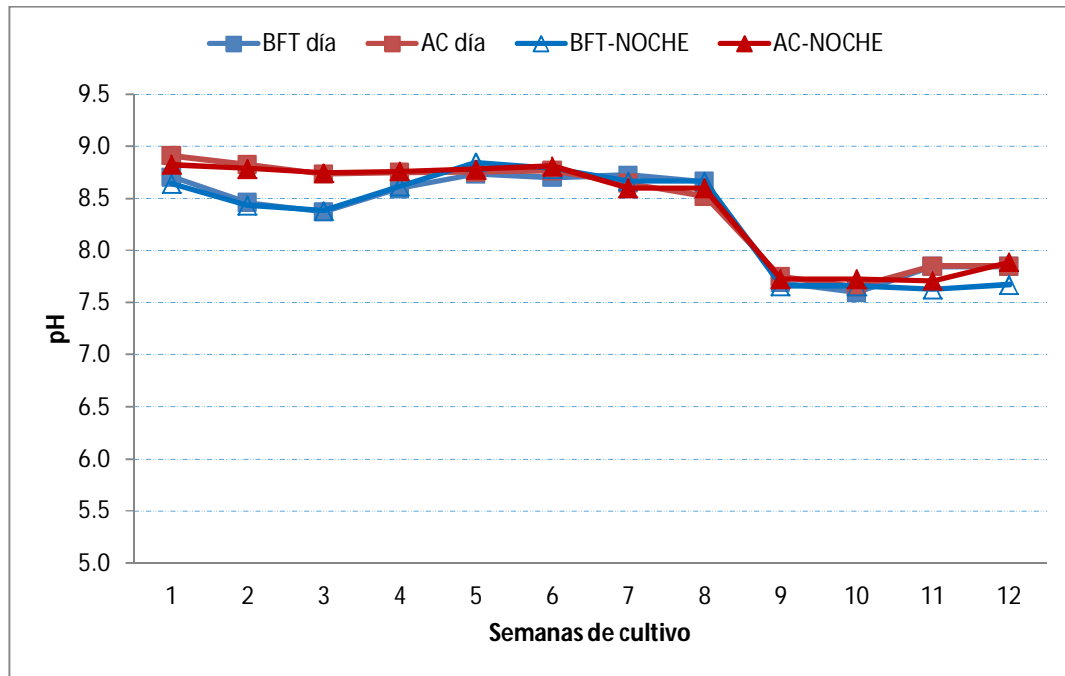
ANEXO 4. Temperatura de día y noche para ambos tratamientos

Gráfica 4. Comportamiento de la temperatura de día y de noche para ambos tratamientos.

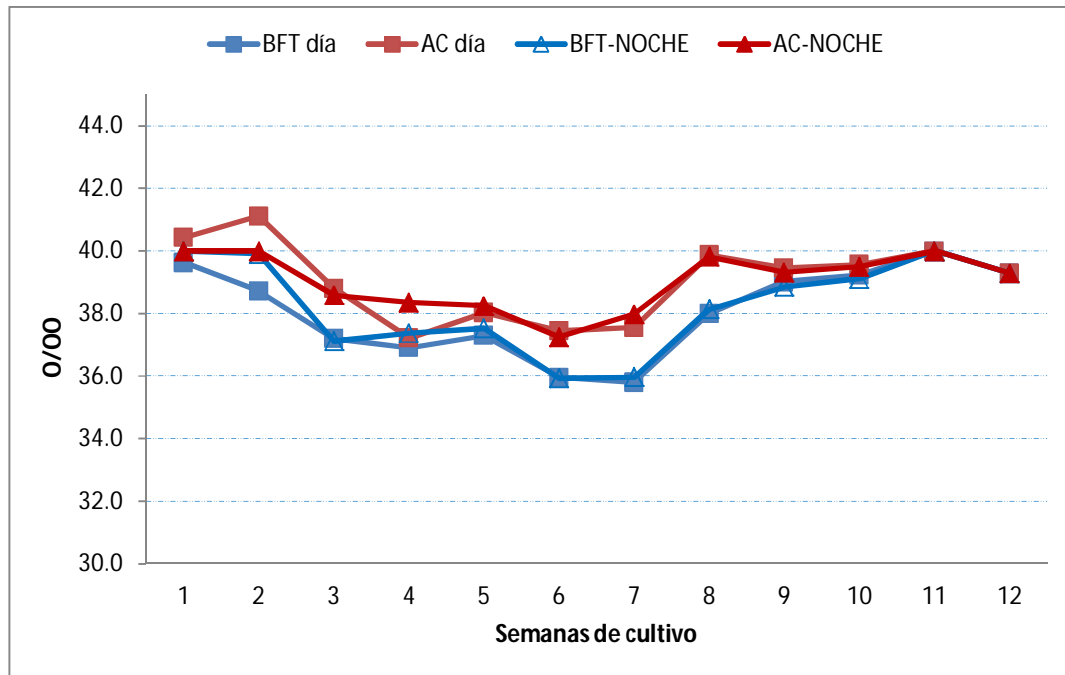
ANEXO 5. Oxígeno Disuelto de día y noche para ambos tratamientos



Gráfica 5. Comportamiento del Oxígeno Disuelto de día y de noche para ambos tratamientos.

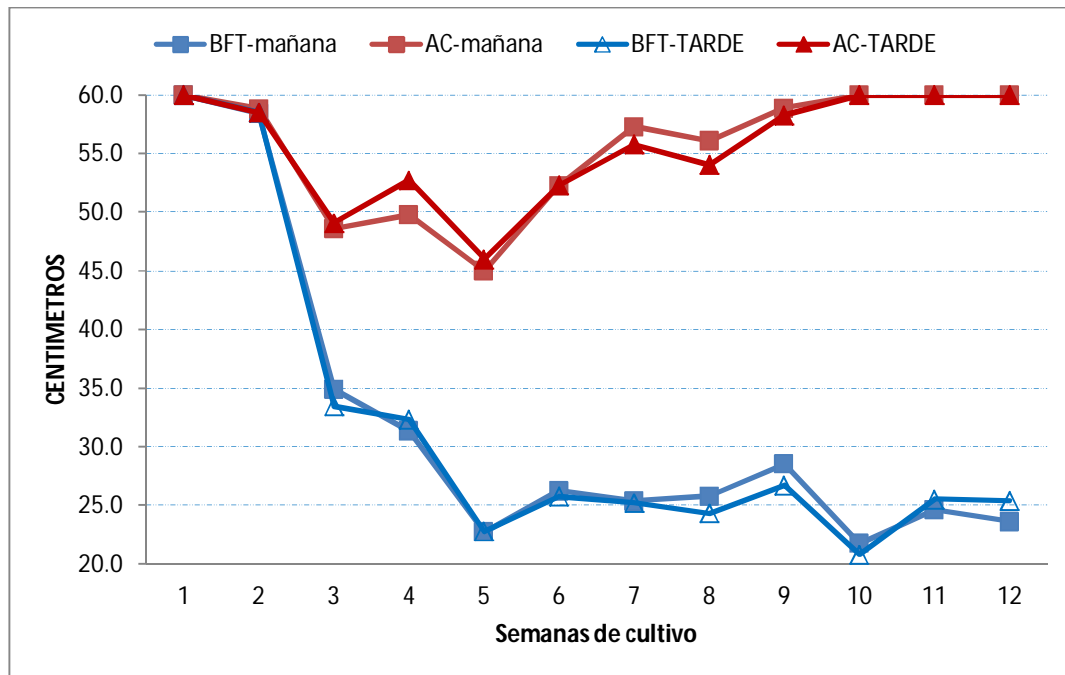
ANEXO 6. pH de día y de noche para ambos tratamientos

Gráfica 6. Comportamiento del pH de día y de noche para ambos tratamientos.

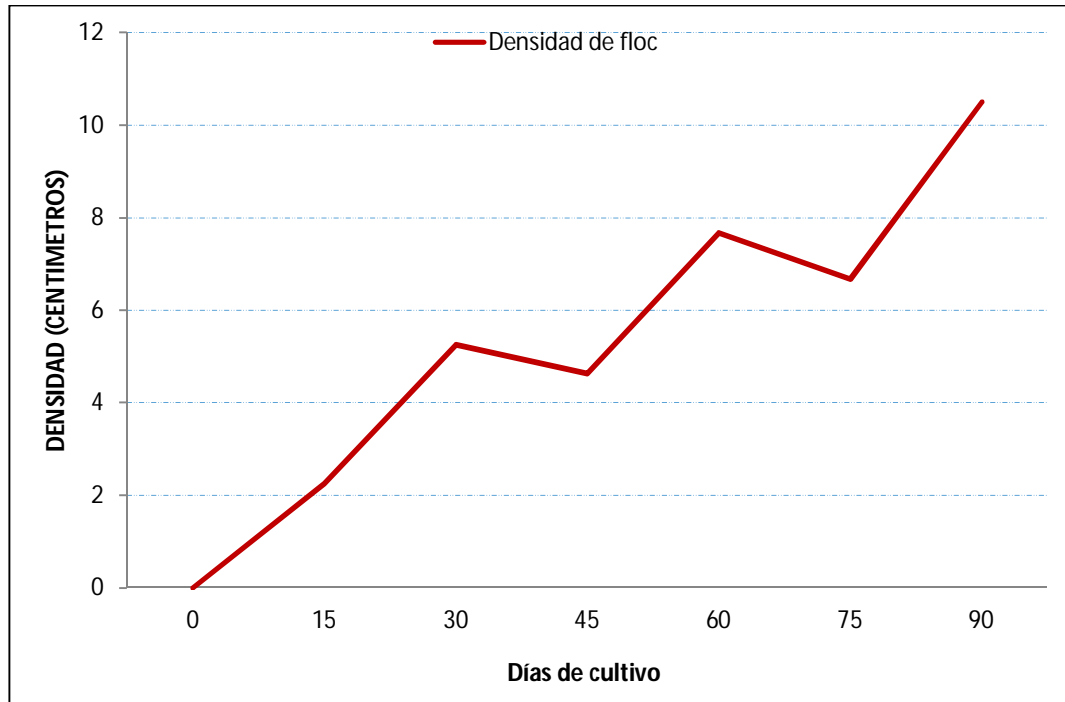
ANEXO 7. Salinidad de día y de noche para ambos tratamientos

Gráfica 7. Comportamiento de la salinidad de día y de noche para ambos tratamientos.

ANEXO 8. Transparencia de día y de noche para ambos tratamientos

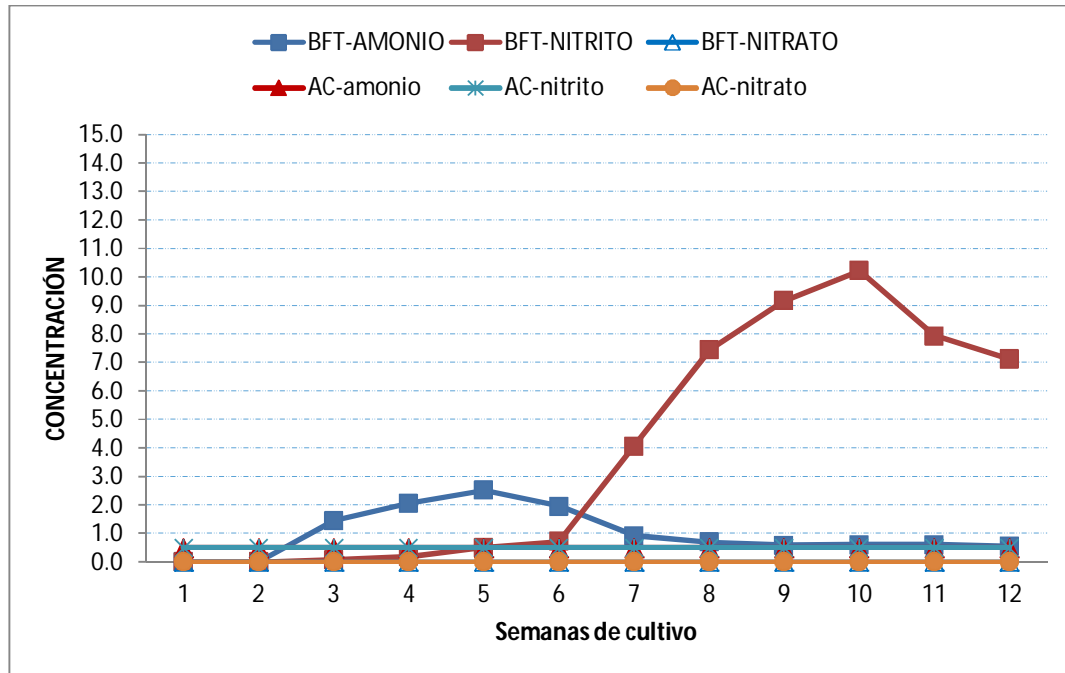


Gráfica 8. Comportamiento de la transparencia de día y de noche para ambos tratamientos.

ANEXO 9. Densidad de bio-floculados en los estanques del tratamiento

Gráfica 9. Comportamiento de la densidad de bio-floculados en los estanques del tratamiento BFT durante todo el experimento.

ANEXO 10. Nitrógeno de día y de noche para ambos tratamientos



Gráfica 10. Comportamiento del Nitrógeno de día y de noche para ambos tratamientos.

(Se observa que el Amonio en el tratamiento BFT alcanza su pico máximo en la quinta semana, y el Nitrito en la décima, siendo estos aumentos normales en este sistema y solucionados con el uso de la melaza).

DEFINICIONES

BIO-FLOC TECHNOLOGY (BFT): Se basa en el desarrollo y el control de densidad de bacterias heterotróficas, con el nulo o mínimo recambio de agua. Llamados también estanques de suspensión activa, o estanques heterotróficos. Una comunidad microbiana se desarrolla al llegar a una densidad del orden de 10^7 unidades formadoras de colonias, UFC/ ml⁻¹ formando bio-flóculos,³⁰ cuyo producto es el crecimiento de la comunidad microbiana y la producción de proteína de origen microbiano.¹⁵

PASTOREO (Foraging Theory): Se refiere a la ganancia de energía por cuestiones conductuales del animal, concretamente a la búsqueda de alimento por parte de los camarones en las paredes o el piso para compensar la energía faltante debido a la falta de alimentos o la baja calidad de estos.

NITRÓGENO: m. QUÍM. Elemento químico no metálico, gaseoso, incoloro, transparente e inodoro, que se encuentra en un alto porcentaje en el aire. Su símbolo químico es N, y su número atómico, 7. Para el área ambiental de la acuicultura, el Nitrógeno es de central preocupación como componente de los residuos generados en la crianza de peces. En particular, los peces excretan varios productos nitrogenados residuales por difusión e intercambio iónico a través de las branquias, orina y heces. La descomposición de estos compuestos nitrogenados es especialmente importante en sistemas de recirculación de acuicultura debido a la toxicidad del amoníaco, nitrito y en algún grado el nitrato.

CARBONO: El carbono es el cuarto elemento más abundante en el Universo, después del hidrógeno, el helio y el oxígeno. Su símbolo químico es C, y su número atómico, 6. Es el pilar de la vida que conocemos. Existen básicamente dos formas de carbono: orgánica (presente en los organismos vivos y muertos, y en los descompuestos) y otra inorgánica, presente en las rocas. En el planeta Tierra, el carbono circula a través de los océanos, de la atmósfera y de la superficie y el interior terrestre, en un gran ciclo biogeoquímico. Suele considerarse que este ciclo está constituido por cuatro reservorios principales de carbono interconectados por rutas de intercambio. Los reservorios son la atmósfera, la biosfera terrestre (que, por lo general, incluye sistemas de agua dulce y material orgánico no vivo, como el carbono del suelo), los océanos (que incluyen el carbono inorgánico disuelto, los organismos marítimos y la materia no viva), y los sedimentos (que incluyen los combustibles fósiles).