

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**“EFECTO DE TAPETES MICROBIANOS INCLUIDOS EN
DIETAS BALANCEADAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE
JUVENILES DE *Litopenaeus vannamei* (Boone) EN SISTEMAS
SUPER-INTENSIVOS”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA:
GLORIA PADILLA LARDIZABAL

ENSENADA, B.C., DICIEMBRE DE 2004

"EFECTO DE TAPETES MICROBIANOS INCLUIDOS EN DIETAS
BALANCEADAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE JUVENILES DE *Litopenaeus*
vannamei (Boone) EN SISTEMAS SUPER-INTENSIVOS"

T E S I S
QUE PRESENTA:
GLORIA PADILLA LARDIZÁBAL

Aprobada por:



Presidente del Jurado
Dra. Elizabeth Ponce Rivas



Sinodal Propietario
M.C. Manuel de Jesús Acosta
Ruiz



Sinodal Propietario
Dra. Lus Mercedes López
Acuña

RESUMEN de la Tesis de Licenciatura de **GLORIA PADILLA LARDIZABAL** presentada como requisito parcial, para la obtención del grado de **OCEANOLOGO**. Ensenada, B.C., México. Diciembre 2004.

EFFECTO DE TAPETES MICROBIANOS INCLUIDOS EN DIETAS BALANCEADAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE JUVENILES DE *Litopenaeus vannamei* (Boone) EN SISTEMAS SUPER-INTENSIVOS

Las cianobacterias son un grupo de microorganismos que están presentes en los estanques de cultivo del camarón en forma de tapetes microbianos. Los tapetes microbianos son consumidos por los camarones junto con el alimento comercial que se les proporciona. En este estudio se colectaron tapetes microbianos dominados por cianobacterias provenientes de los estanques de la granja camaronícola Vizsomar. Se obtuvo una harina de tapetes microbianos (HTM) y se elaboraron en total cuatro dietas, variando el porcentaje de HTM y la presentación del alimento: una con 15% de HTM en pellets (Ciano I), otra con 15% de HTM en placas (Ciano Ia), otra con 20% de HTM en pellets (Ciano II) y la última con 20% de HTM en placas (Ciano IIa). Una quinta dieta comercial se utilizó como testigo (Control). Se llevó a cabo un bioensayo con duración de 28 días para ver el efecto de estas dietas en el crecimiento de juveniles de *Litopenaeus vannamei* en un sistema semi-cerrado con un recambio del 50% diario. La HTM presentó valores de 2.8% de proteína, mientras que las dietas elaboradas con HTM presentaron valores de 31.97%, 32.88% y 29.88% para el Control, Ciano I y Ciano II, respectivamente. Estadísticamente, se presentaron diferencias significativas en crecimiento entre dos grupos, los organismos alimentados con la dieta Ciano II y Ciano Ia y los alimentados con las dietas Ciano I y Ciano IIa, los primeros con 10.42 ± 2.98 g y 10.06 ± 3.83 g, mientras que los segundos con 9.12 ± 3.02 g y 9.38 ± 3.02 g, respectivamente. No existen diferencias en el crecimiento de estos dos grupos con el crecimiento de los organismos alimentados con el control. El crecimiento total de todos los tratamientos fue bajo aún para el alimento control. De igual forma se registraron bajos porcentajes de supervivencia, debido al canibalismo presentado en todos los tratamientos, siendo el mayor porcentaje el del alimento control con 66.6%. La HTM presentó valores bajos de proteína, lípidos y carbohidratos por lo que los camarones de granjas acuícolas que se alimentan en gran medida de los tapetes microbianos requieren de la adición de alimento que complemente sus requerimientos nutricionales.

DEDICATORIAS

A **DIOS** por permitirme cerrar un ciclo mas en mi vida, gracias que me has dado tanto, gracias por las dichas y quebrantos, gracias por tus caricias etéreas que en la mas inmensa oscuridad fueron mi guía para encontrar la felicidad junto con mi ser..

A mi **madre**, por ser un ser excepcional, por su paciencia y su apoyo **INCONDICIONAL**, porque no fue fácil dejarme volar y lo hiciste, gracias por tanto amor, por ser un ejemplo, porque eres el vivo retrato de la voluntad inquebrantable, gracias porque madre sólo hay una y lo logramos !!!!!.

A mi **viejito** adorado, gracias por enseñarme a ganar, pero también a que no siempre se gana, gracias por tu apoyo a pesar de que muchas veces mis decisiones fueron raras. Simplemente gracias por entender a esta hija que desde pequeña tuvo inquietudes e ideas diferentes a los demás.

A mi **Sergio**, mi precioso hermano, mi brodi,, por ser un ser humano tan hermoso, tan lindo que a pesar de las ideas locas de esta tu hermana, me quieres y apoyas de manera incondicional, gracias por llegar patinando a la familia, porque sin ti, yo hubiera sido una niña muy sola.

Gracias por que ustedes son mi vida entera, los amo y los adoro!!!! y que aunque estuvimos separados tanto tiempo siempre fuimos una familia muy unida, por que no hay mayor distancia que la del alma y nuestras almas siempre se acariciaron.

A mi **Jorge**, mi pareja cósmica, gracias por enseñarme a nunca ser conformista, luchar por los sueños porque sólo así se pueden convertir en realidad, gracias por tu paciencia, tu entrega y tu amor y porque tú siempre estas ahí... Sigamos caminando este hermoso camino de la mano y en plena libertad escribiendo nuestra historia en el libro de la vida. Te amo corazón.

A mi tradición, mi raza, mi gente, mis abuelos, que después de 500 años siguen resistiendo y luchando preservando en sus corazones la integridad, garra, dignidad y entereza de un México mágico. Gracias por ser una gran inspiración en mi vida.

Voy en camino al estado original,
Cuando el venado baila alrededor del fuego
Y logra cruzar el cielo
Suele purificarse un alma raptada
Por el maldito viento y la miserable rata.

Cuando el núcleo escupió a los cielos
Tenían meses y a grandes especies
Tragando la tierra de demonios
Gestando falsas caras de inocentes víctimas.

El equilibrio empieza a dar su luz
Cuando río en la montaña
Baila un guerrero noches enteras.

Las falsas víctimas lloran por regresar al infierno
Me olvido del odio, me olvido del coraje
Me lamo las heridas que guarde por días.

Me acuesto en el centro del punto de partida
Y viro despacio,
Despacio se va el día, despacio se va el día
No quiero perder el mastín
Que he llegado a recuperar
Nuestro estado original.

Saúl Hernández

*El poder no es tenerlo todo
El poder es unirse con el mundo invisible
El ser alma con los espíritus
Y nosotros...
Su corazón es el corazón de ellos
Es mundo ante el río de la vida.*

*Quiero unirme a los que nunca se fueron
A los que están entre nosotros pero no los vemos
A los que son aliento y emanan fuerza
A los que ven que entre sus huesos
Existen partículas fosforescentes de otras vidas*

*Hay un río y es muy grande,
Dejen que nos lleve de regreso
Hay que comprender y unirse a todas
Las cosas que son tierra
Empezar a comprender que esta alrededor de nosotros.*

*Y aprender a ver
Y aprender a ver
Y aprender a ver.*

*El movimiento no cambia tu forma de ser
Nunca te has movido.*

Saúl Hernández

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema de Investigación del Estado de Baja California, registro 2000 SINVE-clave 010-DE, por que este trabajo fue posible gracias a su apoyo.

A la Facultad de Ciencias Marinas por apoyar a tanto joven que se encuentra lejos de casa.

A la Dra. Elizabeth Ponce Rivas por su apoyo, paciencia y por seguir hasta el final con este proyecto a pesar de lo lento fue terminarlo.

Al M.C. Manuel de J. Acosta Ruiz, por su amistad, paciencia, correcciones y sobretodo por brindarme todas las facilidades para que yo terminara este proyecto.

A la Dra. Lus López Acuña, por su amistad, consejos, correcciones, sugerencias y comentarios para mejorar la calidad de esta tesis, también por brindarme facilidades para llevar a cabo ciertos experimentos, ah! y por siempre comprarme pan.

A mis compañeros de Generación, Orcinus Orca y los de otras generaciones.

A mis amigos por todos esos buenos momentos compartidos que hicieron agradables estos años.

En especial quiero agradecer la amistad de Miriam L., Miriam M., Florencia C., Mirna G., Grisel T., Edith S., Norma G., Mayra J., Lorena G., Blanca G., Ana M., Miguel Angel H., Dora C., Fernando S., Ruth C., Dago A., Gaby A., Geovanni C., Gabriel C., Leonel S., Steephen M., Daniel, Soco, Lauro S., Diego C., Carla R., Rosario S., Verónica P., Edna S., Cristina E., Alejandro P. y Juan Carlos R., cada uno sabe porque esta en los agradecimientos de esta tesis.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Distribución zoogeográfica y ciclo de vida de <i>L. vannamei</i>	2
1.2 Alimentación de <i>L. vannamei</i>	3
1.3 Alimentación en cultivos	4
1.4 Requerimientos nutricionales	5
1.5 Factores fisicoquímicos del cultivo	7
1.6 Factores bióticos: cianobacterias	8
2. ANTECEDENTES	12
2.1 Tipos de alimento para camarón	13
2.2 Alimentos no convencionales	14
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. HIPÓTESIS	19
5. OBJETIVO GENERAL	19
5.1 Objetivos específicos.....	19
6. MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1 Obtención y proceso de la harina de tapete microbiano	20
6.2 Elaboración de las dietas experimentales	21
6.3 Preparación de las dietas	23
6.4 Bioensayo con <i>L. vannamei</i>	24
6.5 Unidad experimental	26
6.6 Parámetros fisicoquímicos	32
6.7 Análisis proximal	32
6.7.1 Humedad	33

6.7.2 Lípidos	33
6.7.3 Proteínas	33
6.7.4 Cenizas	34
6.8 Estadística	34
7. RESULTADOS	35
7.1 Análisis proximal de la harina de tapete microbiano	35
7.2 Análisis proximal de las dietas experimentales	36
7.3 Parámetros fisicoquímicos	37
7.3.1 Temperatura	37
7.3.2 Salinidad	37
7.3.3 Oxígeno disuelto	38
7.3.4 pH	38
7.3.5 Amonio	39
7.4 Efecto de las dietas en los organismos	39
7.4.1 Crecimiento en peso húmedo	39
7.4.2 Supervivencia	42
7.4.3 Factor de conversión alimenticia	43
8. DISCUSIONES	46
8.1 Parámetros fisicoquímicos	46
8.2 Dietas experimentales	48
8.3 Evaluación de los organismos	51
9. CONCLUSIONES	56
10. RECOMENDACIONES	57
11. LITERATURA CITADA	58
12. ANEXOS	68

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Composición de las dietas experimentales para <i>L. vannamei</i> en sus dos presentaciones	22
Tabla II. Análisis proximal de la Harina de Tapete Microbiano (HTM)	35
Tabla III. Análisis de aminoácidos en la HTM	35
Tabla IV. Análisis proximal de la dieta control, y las formulaciones con HTM e ingredientes no convencionales	36
Tabla V. Crecimiento en peso de los camarones alimentados con las dietas experimentales en el bioensayo de 28 días.	40
Tabla VI. Análisis de covarianza y análisis de varianza de 1 vía con efectos fijos ($p < 0.05$)	44
Tabla VII. Resumen de la Prueba de rangos múltiples de Duncan	45
Tabla VIII. Resumen del comportamiento de <i>L. vannamei</i> alimentado con ingredientes no-convencionales y harina de tapetes microbianos en un sistema superintensivo	45

Figura 15. Comportamiento del Amonio durante el bioensayo	39
Figura 16. Crecimiento de juveniles <i>L. vannamei</i> durante el bioensayo	41
Figura 17. Peso (g) de los camarones al inicio y al final del bioensayo	41
Figura 18. Crecimiento total (%) de <i>L. vannamei</i> en 28 días	42
Figura 19. Supervivencia (%) de <i>L. vannamei</i> al final del experimento	43
Figura 20. Factor de conversión alimenticia (FCA) de las dietas utilizadas para alimentar juveniles de <i>L. vannamei</i> .	44

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Litopenaeus vannamei</i>	3
Figura 2. Estanques de cultivo de camarón de la granja Vizsomar, localizada al sur de la ciudad de Ensenada en San Felipe, B.C, México.	24
Figura 3. Captura de los camarones dentro de los estanques de cultivo con redes atarraya.	25
Figura 4. Contenedor de fibra de vidrio donde fueron trasladados los camarones a las instalaciones del CICESE en Ensenada, B.C.	25
Figura 5. Estanques donde fueron colocados los camarones para su aclimatación.	26
Figura 6. Diseño del sistema experimental	29
Figura 7. Unidad experimental que se utilizó para llevar a cabo el bioensayo.	30
Figura 8. Camarones entre 4 y 15 g utilizados para el bioensayo	30
Figura 9. Acuarios cubiertos con tela mosquitero y bolsas negras de plástico.	31
Figura 10. Semanalmente los organismos eran pesados para determinar su crecimiento en peso.	31
Figura 11. Comportamiento de temperatura durante el bioensayo	37
Figura 12. Comportamiento de la salinidad durante el bioensayo	37
Figura 13. Comportamiento del oxígeno disuelto durante el bioensayo	38
Figura 14. Comportamiento del pH durante el bioensayo	38

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón (familia Penaeidae) es practicado en diversos lugares del mundo y es el sector acuícola de mayor crecimiento a escala mundial. En México, ha pasado por varias etapas de desarrollo, que sin lugar a dudas lo ha llevado a alcanzar producciones que contribuyen significativamente al total nacional de la producción acuícola de camarón (Paredes-Escalona, 1999). En 1998 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) reportó que a nivel nacional, la producción de camarón incrementó en una tasa promedio de 22% por año durante el periodo de 1990-1997 y para ese mismo año nuestro país exportó 38,211 toneladas de las cuales el 98% fue hacia E.U.A. Actualmente la camaronicultura aporta cerca de la mitad del valor de toda la producción acuícola nacional (SEMARNAT, 1998).

En México el cultivo de camarones Peneidos se ha desarrollado fundamentalmente en las costas del Pacífico ya que el 95% de las granjas camaroneras están concentradas en los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit (DeWalt, 2000). Los cultivos se sustentan en mayor grado en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* y el camarón azul *L. stylirostris* (Paredes-Escalona, 1999). Esto último se debe a que presentan altas tasas de crecimiento (15 - 20 g en 150 días), requieren de un porcentaje bajo de proteína en la dieta (entre el 25 y 35 %), presentan supervivencias y crecimientos aceptables en altas densidades de cultivo (Rosenberry, 1994; Treece, 2000); poseen una alta

resistencia a enfermedades (Cruz-Suárez *et al.* 2000) y se adaptan muy bien a diferentes condiciones de cultivo (Velasco *et al.* 2000).

1.1 Distribución zoogeográfica y ciclo de vida de *L. vannamei*

L. vannamei, conocido comúnmente como camarón blanco del Pacífico, se distribuye desde el Golfo de California, México, hasta las costas de Perú y se encuentra en profundidades desde 0 hasta 72 metros (Bailey, 1992). En la etapa larvaria forma parte del zooplancton, y presenta 5 subestadios de nauplios y 3 subestadios de mysis, conforme el camarón va creciendo las postlarvas se aproximan a las costas para ingresar en sistemas lagunares y estuarinos donde permanecen doce semanas aproximadamente a fin de desarrollarse hasta su estado prejuvenil para posteriormente emigrar hacia el mar y continuar el desarrollo de la fase juvenil y adulto (SEMARNAT, 1998). (**Figura 1**).

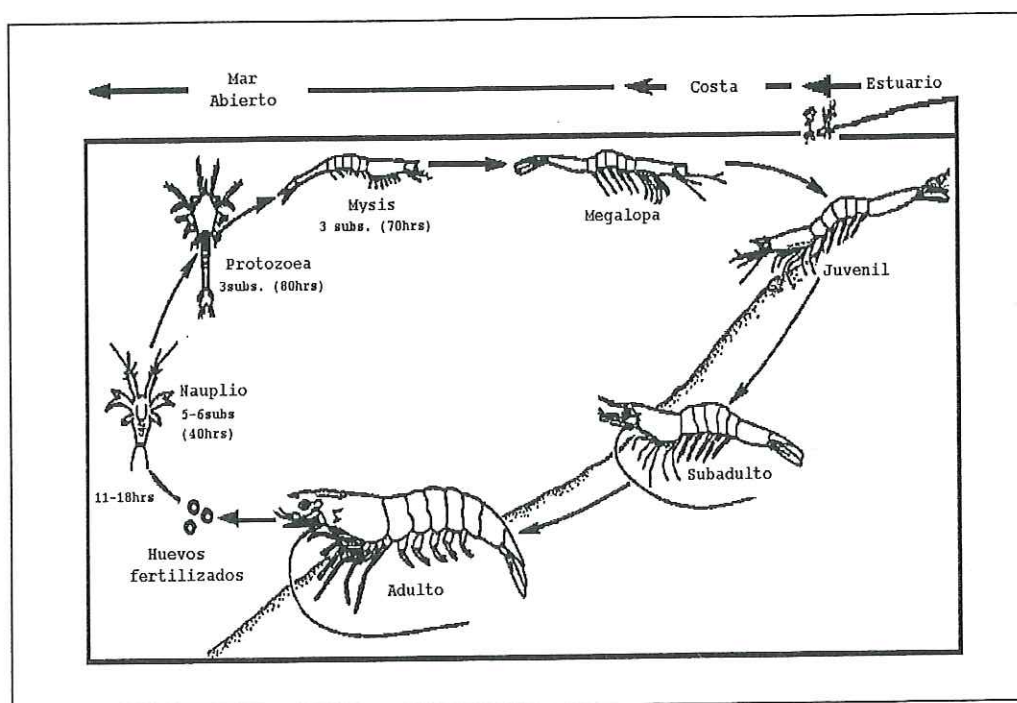


Figura 1. Ciclo de vida de *Litopenaeus vannamei* (Bailey y Moss, 1992)

1.2 Alimentación

Los Peneidos han sido descritos por diversos autores como omnívoros oportunistas, alimentadores carnívoros de detritus y predadores. Cuando se encuentran en la etapa de Nauplio, no requieren alimentación, pues se alimenta de la reserva de vitelo (vitelotróficos). En las etapas de Protozoa y Mysis se alimentan del fito y zooplancton. Las postlarvas epibénticas y juveniles pueden alimentarse de materia vegetal y animal, incluyendo microalgas, agregados detríticos, macrofitas, foraminíferos, nemátodos, copépodos y larvas de moluscos. El camarón adulto y subadulto consume también cantidades significantes de agregados detríticos (Bailey y Moss, 1992).

1.3 Alimentación en cultivos

Conforme ha ido en aumento la producción de camarón cultivado, los métodos de cultivo se han ido intensificando. La intensificación en el sistema de cultivo se refiere a una mayor dependencia en el uso del alimento manufacturado seco (Velasco *et al.* 2000). El éxito en el cultivo de las diferentes especies de camarón depende en gran parte de una nutrición adecuada y un buen manejo del alimento (Molina *et al.* 2000). La alimentación constituye el elemento principal del costo de producción en la camaronicultura y debido a este hecho es considerado como el factor de mayor importancia económica en esta actividad (Berger, 2000; Vega *et al.* 2000).

Dada la importancia del alimento en los cultivos de camarón y su alto costo se han elaborado dietas artificiales utilizando diversos productos y subproductos, animales y/o vegetales como: harina de pescado, harina de calamar, harina de camarón, pasta de soya, levaduras, caseína, pasta de krill, celulosa, lecitina de soya, aceite de girasol, aceite de bacalao, alginatos, almidón (maíz, trigo, chícharo) y gluten entre otros productos (Akiyama, 1992; Rosas *et al.* 2000; Cruz *et al.* 2000), con la finalidad de que las dietas elaboradas sean nutricionalmente completas para el camarón. Las dietas además de cumplir con los requerimientos nutricionales del organismos, deben cumplir con otras características, como estabilidad en el agua, tamaño de partícula apropiado, ser organolépticamente atractivas, eficientes, altamente digestibles, así como de fácil disponibilidad, elaboración, manejo,

almacenamiento y aplicación por el acuicultor (CICTUS, 1982; Cruz, 1998; Berger, 2000).

1.4 Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales del camarón varían de acuerdo a la especie, el tamaño y su estado fisiológico (Akiyama *et al.* 1989; Kuresh *et al.* 2000). Los nutrientes requeridos para el crecimiento, reproducción, renovación de tejidos, hormonas, enzimas y otras funciones fisiológicas son proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, términos que han sido estudiados ampliamente en peneidos (Lim y Akiyama, 1998).

La nutrición proteica es realmente la nutrición aminoacídica, así las fuentes de la fórmula deben ser elegidas para satisfacer los requerimientos en aminoácidos esenciales del camarón, que varían de acuerdo a la especie (Cruz-Suárez, 1998). Existen aminoácidos esenciales y no esenciales, los aminoácidos esenciales son aquellos que no pueden ser sintetizados por los camarones y deben de ser ingresados en las dietas, por otro lado los aminoácidos no esenciales son sintetizados por los organismos para su adecuado desarrollo. Los aminoácidos considerados esenciales para camarón son: arginina, metionina, treonina, triptófano, histidina, isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina y valina (Akiyama *et al.* 1989).

Es importante mencionar que el alto requerimiento de proteína y la limitada capacidad de los camarones para almacenar reservas tales como

lípidos y carbohidratos pudieran estar relacionadas con la capacidad de los camarones para usar las proteínas como fuente de energía para el crecimiento (Rosas, 2000), siendo las proteínas el constituyente principal y el macro nutriente mas caro en alimento para camarón (Velasco, 2000).

Con la finalidad de estimular el crecimiento del camarón se han agregado aditivos a los alimentos. Los aditivos son sustancias que se agregan intencionalmente a los alimentos para realizar una o varias funciones específicas. El término aditivo alimentario puede incluir a todos los compuestos químicos inertes o activos, naturales o sintéticos, nutritivos o no, que son directamente agregados a los alimentos (Carrillo *et al.* 2000).

Los tipos de aditivos estudiados en la alimentación de camarones han sido fundamentalmente: antibióticos, probióticos, nutrientes, pigmentos, enzimas, preservantes, antioxidantes, atractantes y estimuladores del apetito.

Se han empleado también microorganismos no patógenos llamados probióticos en la exclusión competitiva. El principio de éstos es que ocupen el espacio y demanden nutrientes en el agua, en el fondo del estanque, así como directamente en el tracto digestivo de los camarones, a fin de reducir las posibilidades de colonización y desarrollo de otros microorganismos que sean patógenos o puedan convertirse en nocivos, brindando adicionalmente otros servicios como: mineralización, reducción de compuestos tóxicos y nutrición (Berger, 2000).

Además, los ingredientes constituidos por organismos unicelulares como levaduras y bacterias, también pueden ser digeridos eficientemente por los camarones. Estos ingredientes son fuentes de ácidos nucleicos, desoxirribonucleicos y vitaminas del complejo B, entre otros (Cruz-Suárez, 1998).

1.5 Factores físico-químicos del cultivo

Las variables fisicoquímicas para un buen crecimiento de camarón se encuentran establecidas para ciertas especies, ya que varían de acuerdo a la especie, al tamaño y a la etapa de crecimiento. Para el caso de camarones juveniles, los rangos mas adecuados son: pH del agua (7.9-8.2), temperatura (25-28 °C), salinidad (26-34 ‰) y oxígeno disuelto (4-6 mg/l), (Boyd *et al.* 1992; Colt y Huguenin, 1992), parámetros que se pueden controlar con un adecuado monitoreo y tasa de recambio de agua. Cabe mencionar que mientras los organismos se encuentren en su intervalo óptimo de temperatura, la tolerancia a la salinidad es amplia, por lo que es posible obtener buen crecimiento en salinidades entre 25 y 45 ppm (Ponce *et al.* 1997).

Davis y Arnold (1998) de acuerdo a resultados obtenidos en crecimiento y supervivencia de *L. vannamei* y *Penaeus setiferus* durante un período de 6 años, reportan los intervalos de los parámetros que determinan la calidad del agua, como son: temperatura (24-29.5 °C), salinidad (22.6-33.2 ‰), oxígeno

(5.3-7.0 mg/L), amonio total (0.17-1.16 mg/L), nitritos (0.12 -1.48 mg/L) y pH (7.4-7.7).

Por otro lado, resultados obtenidos con *L. vannamei* sometido a cultivos hiper-intensivos muestran valores óptimos de 28° C y 30 ‰ para su desarrollo (Moore y Brand 1993).

Se ha comprobado que las concentraciones de oxígeno disuelto que se encuentren por debajo del óptimo recomendado pueden afectar gravemente la salud del camarón. Martinez *et al.* (1998), utilizando concentraciones de 0.3 y 0.8 mg/L de oxígeno disuelto en el cultivo de *Penaeus setiferus*, obtuvo la muerte del 100% de los animales en menos de 4 horas y en menos de 12 horas en concentraciones de oxígeno de 1.3 a 1.8 mg/L.

Por otro lado, resultados de algunas investigaciones muestran que la supervivencia y la tasa de crecimiento de *L. vannamei* dependen en gran medida de la temperatura (Wyban *et al.* 1995), la salinidad (Bray *et al.* 1994) y de la interacción temperatura salinidad (Ponce *et al.* 1997; Díaz *et al.* 2001).

1.6 Factores bióticos: *Cianobacterias*

Se sabe que en los estanques de cultivo semi-intensivo de camarón, se estimula el crecimiento del fitoplancton mediante la fertilización con el fin de obtener un buen crecimiento de las postlarvas de camarón. Sin embargo, en ocasiones se desarrollan microorganismos que pueden deteriorar el ambiente, con la consecuente mala calidad en la disponibilidad del alimento, o bien por ser

especies tóxicas (Cortés y Licea, 1999). Por lo tanto, son importantes los avances en la comprensión del papel de los microorganismos que habitan el estanque, que no necesariamente son perjudiciales sino que pueden contribuir no sólo a la nutrición, sino también al mantenimiento de las buenas condiciones de cultivo (Berger, 2000).

Las cianobacterias son unos de estos organismos presentes en los estanques y son los que mejor se adaptan a las condiciones que imperan en estos sistemas, como la alta turbidez, los cambios drásticos de temperatura y salinidad, el exceso de materia orgánica y la abundancia de nutrientes. De la misma manera presentan una gran capacidad para asimilar los nutrientes y vivir en condiciones de eutrofia y exceso de materia orgánica, además de que son capaces de sobrevivir con poca penetración de luz y poseer dentro de su ciclo de vida elementos de resistencia como las endosporas, acinetos, heterocistos y hormogonios (Cortés op. cit).

Es común encontrar cianobacterias formando consorcios denominados tapetes microbianos (Bender *et al.* 1994). Dichos consorcios son comunidades laminadas y su desarrollo depende del tamaño de grano del sedimento, la tasa de erosión, penetración de la luz, tasa de sedimentación, capilaridad y de pastoreo. Los tapetes son comunidades heterotróficas y autótrofas con predominancia de cianobacterias, son autosuficientes ya que los componentes autótrofos y de fijación de nitrógeno proveen de nutrientes al tapete. En la parte superior se encuentran los organismos fotosintéticos que producen oxígeno y

por debajo de esta capa se encuentran las bacterias púrpuras anoxigénicas y una variedad de heterótrofos.

La variedad de microorganismos que lo componen, sus diferentes requerimientos y su autosuficiencia hace que estos tapetes jueguen un papel importante en absorción, filtración y transformación de diversos nutrientes y contaminantes, tales como los metales, ya que tienen zonas óxicas y anóxicas capaces de oxidar y reducir estos compuestos.

Por esto último han sido utilizados para la bioremediación de agua contaminada tanto por material orgánico como por metales y metaloides (Bender *et al.* 1995).

Debido a que es común la presencia de comunidades bacterianas en sedimentos de estanques camaroneros, se han empleado antibióticos en forma de recubrimientos en dietas artificiales para el tratamiento de infecciones bacterianas en camarones, fomentando su acumulación en el sedimento y fomentando la resistencia a los antibióticos por de bacterias como *Aeromonas* sp, *Vibrios* y *Staphylococcus* sp. (Montoya *et al.* 2003).

García (2003), aisló e identificó a partir de tapetes microbianos utilizados en este trabajo, cinco cianobacterias filamentosas y una unicelular a nivel de género: *Phormidium* sp., *Oscillatoria* sp.1, *Oscillatoria* sp.4, *Oscillatoria* sp.5, *Lyngbya* sp. y *Synechocystis* sp., siendo *Lyngbya* sp., y *Oscillatoria* sp.5. las especies mas frecuentes en el tapete microbiano. En dicho estudio, se encontró que todos los extractos de cianobacterias presentaron actividad antimicrobiana y

mostraron toxicidad contra nauplios de *Artemia* sp., además de mostrar un efecto inhibitorio para las bacterias patógenas para camarón como *Vibrio alginolyticus* y *V. parahaemolyticus*.

2. ANTECEDENTES

A la fecha se ha dado un incremento sustancial en el número de trabajos científicos publicados en nutrición de camarones, enfocados a determinar los requerimientos de los principales nutrientes en las diferentes especies y fases de producción, con el fin de reducir los altos costos del alimento sin reducir su calidad nutricional.

La proteína es el más crítico de los ingredientes en las dietas para camarón desde el punto de vista de costos y respuestas de crecimiento. Las harinas de pescado forman una buena fracción en la formulación de nuevas dietas ya que presentan aminoácidos esenciales en su contenido (Rodríguez *et al.* 1994). Sin embargo, su creciente demanda y alto precio ha venido motivando la búsqueda de ingredientes y alimentos apropiados y de bajo precio que sustituyan, por lo menos parcialmente a las harinas de pescado (Acosta-Ruiz *et al.* 1997; Rodríguez *et al.* 1994).

Smith *et al.* (1985) han recomendado niveles de proteínas de 22-36% en las dietas para juveniles de *L. vannamei*. Akiyama (1992) recomienda niveles de 30 a 36% proteínas, 6-7.5% lípidos (sin exceder el 10%), vitaminas como tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoico, niacina, biotina, inositol, colina, ácido fólico, ácido ascórbico, vitaminas A, D, E y K.

2.1. Tipos de alimento para camarón

La calidad de los alimentos depende de las materias primas que se utilicen, de la composición nutricional así como de los métodos de procesamiento. Los métodos de procesamiento determinarán las características físicas del alimento como lo son la forma, tamaño y estabilidad dentro del agua, así como la atractabilidad, palatibilidad y la disponibilidad de los nutrientes (Almazán de la Rosa, 1997).

Entre los tipos de alimento artificial que han sido diseñados, se encuentra el ensilaje, el extruido, microencapsulado, alimento en hojuelas y el peletizado. Este último, es el método más popular en la producción de alimento para crustáceos debido a sus ventajas tecnológicas y económicas (Estrada y Valdés, 1993) por lo que es una de las presentaciones utilizadas en este trabajo.

El peletizado se define como la aglomeración de ingredientes particulados a partículas mayores por medio de un proceso mecánico combinado con humedad, calor y presión. Los alimentos peletizados ofrecen varias ventajas, utilizan ingredientes que una vez ingeridos son de fácil metabolismo en el animal y dan como resultado una mejor digestibilidad, elimina la libertad selectiva del animal por ciertos ingredientes y la reducción de bacterias y hongos sin degradación del alimento (Bigliani, 1996).

Dentro de los beneficios de su manejo en las granjas destacan la gran estabilidad en seco y su almacenamiento por periodos prolongados sin degradación de los nutrientes; que mantienen su integridad física por un periodo

prolongado permitiendo que más alimento sea consumido a la vez que se mantiene la calidad del agua. La fórmula o dieta peletizada contiene todos los nutrientes requeridos y la prolongada estabilidad en el agua reduce las pérdidas debidas a la disolución de nutrientes solubles en el agua (Bigliani, 1996).

En este trabajo fue utilizada también la presentación de alimento en placas, la cual consiste en adherir la pasta de la mezcla de ingredientes en una tela de malla mosquitero de 13 x 8 cm y con 1 mm de luz de malla, formándose una película de alimento la cual ofrece mayor superficie de contacto al momento de alimentarse en comparación con los pellets. Esta nueva presentación fue propuesta y realizada en este estudio para comparar su eficiencia en relación con el alimento pelletizado en cuanto a su elaboración, manejo y almacenamiento.

2.2 Alimentos no convencionales

Desde los inicios de la nutrición animal se ha planteado la necesidad de evaluar ingredientes disponibles, así como el contenido nutricional de los mismos para dicho fin. Sin embargo, estos ingredientes pueden variar de un país o región a otra, esto debido a diferentes factores como son el clima, las diferentes actividades de fertilización de los suelos, el estado fisiológico de las plantas o animales, la forma de procesamiento y almacenamiento (Díaz, 1996).

Es conocida la problemática de la falta de ingredientes y el incremento en el costo de los mismos para cubrir los requerimientos de proteínas en las dietas

(Viana, 1997), ya que tanto camarones como peces requieren de dos a cuatro veces más proteína que otras especies terrestres de granja (Díaz, 1996).

En la búsqueda de ingredientes que proporcionen niveles altos de proteína de buena calidad referida a aminoácidos esenciales y digestibilidad, la harina de pescado es la alternativa más completa, sin embargo, en los últimos años debido a la sobre pesca y la disminución del recurso, los costos se han incrementado (Díaz, 1996).

Actualmente, se buscan fuentes alternas de alimento explotando subproductos de origen animal como de origen vegetal, esto no solo para abaratar los costos sino para cubrir la creciente demanda de alimentos en el sector de la acuicultura (Ellis, 1994).

Como se ha mencionado con anterioridad, se han elaborado dietas artificiales utilizando diversos productos y subproductos, animales y/o vegetales como: harina de pescado, harina de calamar, harina de camarón, pasta de soya, levaduras, caseína, pasta de krill, celulosa, lecitina de soya, aceite de girasol, aceite de bacalao, alginatos, almidón (maíz, trigo, chícharo) y gluten entre otros productos (Akiyama, 1992; Rosas *et al.* 2000; Cruz *et al.* 2000), con la finalidad de que las dietas elaboradas sean nutricionalmente completas para el camarón.

Acosta Ruiz *et al.* (1997) elaboraron dietas con productos regionales de Baja California, como harina de jojoba, pasto marino y mejillón encontrando tasas de crecimiento y supervivencia aceptables para *P. monodon*.

Se ha encontrado que las dietas óptimas para inducir un mayor crecimiento en los camarones juveniles y adultos de *L. vannamei*, deben contener niveles de proteínas mayores al 32% (Kuresh *et al.* 2000). Sin embargo hay autores que han encontrado otros niveles óptimos de acuerdo al alimento o al complemento alimenticio que se utilice. Por ejemplo, para el alimento combinado de procedencia animal y vegetal Cruz *et al.* (2000) encontraron que el nivel óptimo de proteína dietaria para animales intermedios entre postlarva y juvenil de *L. vannamei* es de 25%.

La gran mayoría de los estudios de nutrición que se hacen en camarón son en la etapa larvaria, y no en camarones reproductores, o en engorda, dirigidos a la búsqueda de la dieta mas adecuada para la cópula, el desove o la máxima ganancia en peso (Cotteau *et al.* 2001).

Se ha encontrado que el proceso de crecimiento se produce de forma discontinua y cíclica debido al fenómeno de muda o ecdisis, es por ello que depende en gran medida del aporte de alimento y de la capacidad del animal para hacer un uso eficiente del mismo. Por ello para obtener mejores y mas rápidos resultados se han agregado aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón, entre ellos sobresalen hormonas, aminoácidos, péptidos y compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, enzimas puras, mezclas con actividad enzimática, antioxidantes, productos naturales no purificados o semipurificados (harina de calamar, levaduras) y extractos biológicos no purificados (harina de langostilla) (Carrillo *et al.* 2000).

Acosta-Ruiz, *et al.* (2004) utilizaron harinas de pescado semi-procesada y harina de *Salicornia bigelovii* como ingredientes no convencionales para ser incluidos en dietas de post-larvas de camarón azul. La inclusión de estos ingredientes fue una buena alternativa en la formulación de alimentos, ya que los tres resultaron ser comparables en supervivencia, crecimiento y Factor de Conversión Alimenticia respecto a la dieta control, que en este caso fue camaronina (45%).

3. JUSTIFICACION

El presente estudio es la segunda parte de un proyecto donde se busca determinar el papel de las cianobacterias en el desarrollo del camarón. Las cianobacterias son un grupo de microorganismos que están presentes en los estanques de cultivo del camarón en forma de tapetes microbianos. Los tapetes microbianos son consumidos por los camarones junto con el alimento comercial que se les proporciona. Sin embargo, a la fecha no se ha esclarecido cual es la contribución relativa de las cianobacterias en la nutrición del camarón. Aunado al efecto en la nutrición, se sabe que algunas especies de cianobacterias producen compuestos tóxicos que pueden llegar a causar enfermedades en el camarón como la enteritis hemocítica o incluso la muerte, mientras que otras son capaces de producir compuestos antimicrobianos que pueden proteger al camarón de bacterias patógenas, al actuar como probióticos.

De esta forma, el presente trabajo esta enfocado a determinar si los tapetes microbianos formados en los estanques de cultivo permiten un adecuado desarrollo de los organismos cultivados.

4. HIPOTESIS

Las dietas adicionadas con harina de tapetes microbianos permiten el desarrollo de juveniles de *L. vannamei* en sistemas de cultivo super-intensivos.

5. OBJETIVO GENERAL

Conocer el efecto de la harina de tapetes microbianos incorporada en el alimento, sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de *L. vannamei*.

5.1 Objetivos específicos

- Determinar el perfil nutricional (proteínas, carbohidratos y lípidos) de la harina de tapetes microbianos colectados en estanques de cultivo en la granja de camarón localizada en San Felipe. B.C, México.
- Elaborar dietas experimentales utilizando ingredientes no-convencionales al adicionar harina de tapetes microbianos en dos concentraciones (15 y 20%) y en dos diferentes presentaciones de alimento (pellets y placas).
- Determinar el perfil nutricional de las dietas experimentales elaboradas.
- Evaluar el crecimiento, supervivencia y FCA de los organismos alimentados con las dietas experimentales.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1 Obtención y proceso de las harinas de tapete microbiano

El 05 de mayo de 2001, se realizó un viaje a la granja camaronícola Vizsomar, localizada en San Felipe, BC, México, con el fin de coleccionar tapetes microbianos dominados por cianobacterias provenientes de los estanques 9, 10 y 11 de la granja. Los tapetes se transportaron en hieleras al Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B.C (CICESE), donde inmediatamente se secaron en estufas a menos de 60°C y el resto se conservó a -20°C en bolsas de plástico negras para evitar su descomposición. Una vez que se secaron las muestras, se pulverizaron con una licuadora industrial, para utilizarlas como ingredientes para las dietas experimentales.

Para determinar el porcentaje de tapete microbiano que se incluiría en las dietas, se enviaron 300 g de muestra al Laboratorio Industrial y de Control (SALIP) donde se realizaron análisis de humedad, cenizas, fibra cruda, proteínas, lípidos y carbohidratos. Mientras que para la determinación de aminoácidos del tapete microbiano sobre la base del contenido de proteína, se enviaron 200 g de muestra al Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo A.C (CIAD) en Hermosillo, Sonora.

6.2 Elaboración de las dietas experimentales

Se prepararon dos tipos de dietas experimentales, cuyos ingredientes se describen en la **Tabla I**.

Las formulaciones se realizaron a partir de ingredientes no convencionales utilizados con anterioridad en dietas para camarón azul (Acosta-Ruiz *et al.* 2004). En tal estudio, los ingredientes utilizados fueron los mismos con excepción de harina de camarón, harina de sangre, harina de maíz y el intercambio de harina de *S. Bigelovii* por Harina de Tapete Microbiano (HTM) en una proporción aproximada (15-20%).

La HTM fue incluida en un 15% y en un 20% del contenido total de las dietas con el fin de incrementar el grado de respuesta de los resultados. Finalmente se elaboraron en total cuatro dietas, variando el porcentaje de tapete microbiano y la presentación: una con 15% de HTM en pellets (Ciano I), otra con 15% de HTM en placas (Ciano Ia), otra con 20% de HTM en pellets (Ciano II) y la última con 20% de HTM en placas (Ciano IIa). Una quinta dieta comercial se utilizó como testigo (Control) (Camaronina 35%) que es la utilizada en la granja de camarón.

Con respecto al contenido de proteína, las formulaciones se elaboraron dentro del intervalo del 30 y 36% (Akiyama *et al.* 1992) con base en los requerimientos de los juveniles de camarón azul, debido a que son similares a los requeridos por camarón blanco. Esta formulación fue utilizada con anterioridad por Acosta *et al.* (2004) en juveniles de *L. stilyrostris*, y como se ha

mencionado, tal dieta resultó ser comparable en términos de crecimiento, supervivencia y Factor de Conversión Alimenticia (FCA) respecto a la dieta utilizada como control que fue Camaronina 45%.

Tabla I. Composición de las dietas experimentales para camarón en dos presentaciones (pellets y placa).

Ingrediente	Dieta Ciano I (pellets) (%)	Dieta Ciano Ia (placas) (%)	Dieta Ciano II (pellets) (%)	Dieta Ciano IIa (placas) (%)
Harina de Pescado	35.0	35.0	35.0	35.0
HTM	15.0	15.0	20.0	20.0
Harina de Trigo	16.7	16.7	14.7	14.7
Semolina	11.0	11.0	10.0	10.0
Aceite de Pescado	4.0	4.0	4.0	4.0
Harina de Langosta	5.0	5.0	4.0	4.0
Gluten de Trigo	5.0	5.0	4.0	4.0
Fécula de Maíz	3.5	3.5	3.5	3.5
Harina de Calamar	3.5	3.5	3.5	3.5
Caseína	0.6	0.6	0.6	0.6
Alginato de sodio	0.18	0.18	0.18	0.18
Premezcla Vitamínica	0.22	0.22	0.22	0.22
Inositol	0.30	0.30	0.30	0.30

Fuente: Todos los ingredientes fueron proporcionados por CICESE, Lab. Nutrición

6.3 Preparación de las dietas

La mezcla de los ingredientes se realizó con una mezcladora eléctrica Kitchen Aid, añadiendo primeramente los ingredientes en seco (en el orden en que se encuentran en la **Tabla I**) con aceite de pescado que fue adicionado con agua al final de la mezcla en aproximadamente el 50% del peso de mezcla total a una temperatura no mayor a 50°C para aglutinar los ingredientes hasta obtener la consistencia deseada. La mitad de ambas mezclas se colocaron por separado en un molino marca Osterizer, obteniendo el alimento en pellets, posteriormente se secaron en un horno de secado con aeración a temperatura ambiente, siendo de 24°C. Una vez secos, los pellets se cortaron en pedazos de 0.5 a 1.5 cm de largo, se colocaron en una bolsa Ziplock y se guardaron a -20°C hasta el momento de llevar a cabo el bioensayo.

La otra mitad de ambas dietas se almacenaron a -20°C hasta el momento del bioensayo para elaborar la presentación en placas. Los días previos al experimento, el alimento en forma de pasta fue untado en placas de malla mosquitero, de 13 x 8 cm de superficie y con 1 mm de luz de malla, de acuerdo a la ración que se proporcionaría a los organismos por día. Este procedimiento se realizó semanalmente para ir ajustando la ración por día de acuerdo a la biomasa de los organismos ya que fueron alimentados en todos los tratamientos con el 5% de la biomasa total.

6.4 Bioensayo con *L. vannamei*

Los organismos fueron donados por la granja acuícola Vizsomar (**Figura 2**) localizada en San Felipe, B.C., donde se capturaron al azar, con redes atarraya, alrededor de 150 camarones con un peso entre 4 y 15 g de los estanques de cultivo de la granja (**Figura 3**) y fueron trasladados en un contenedor de fibra de vidrio (**Figura 4**) con oxígeno a baja temperatura para disminuir su metabolismo hasta llegar a las instalaciones de CICESE en Ensenada. Una vez ahí, los camarones se repartieron en partes iguales dentro de dos estanques para aclimatarlos (**Figura 5**).

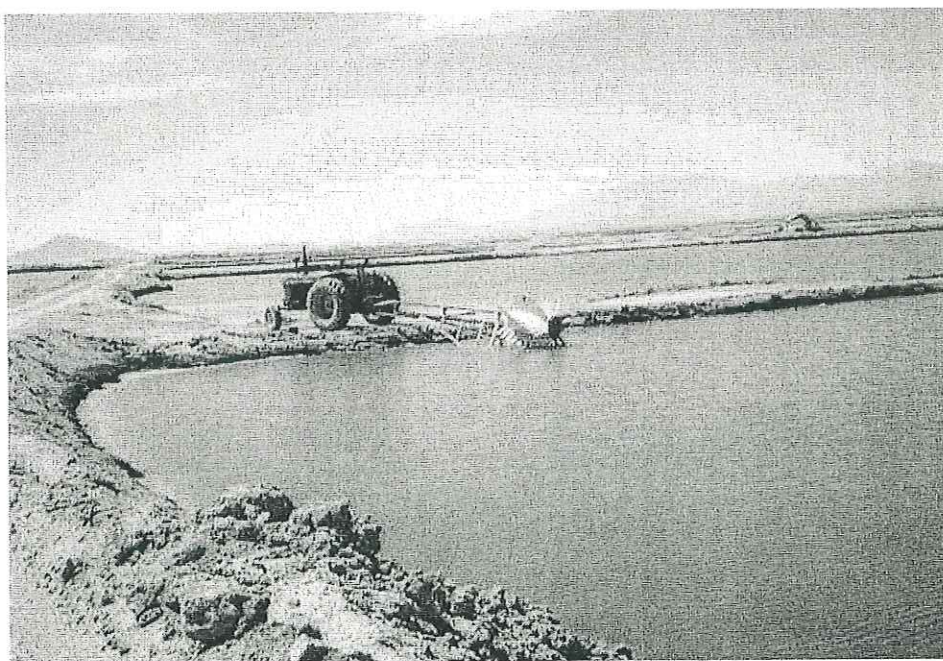


Figura 2. Estanques de cultivo de camarón de la granja Vizsomar, localizada al sur de la ciudad de Ensenada en San Felipe, B.C, México.



Figura 3. Captura de los camarones dentro de los estanques de cultivo con red atarraya.

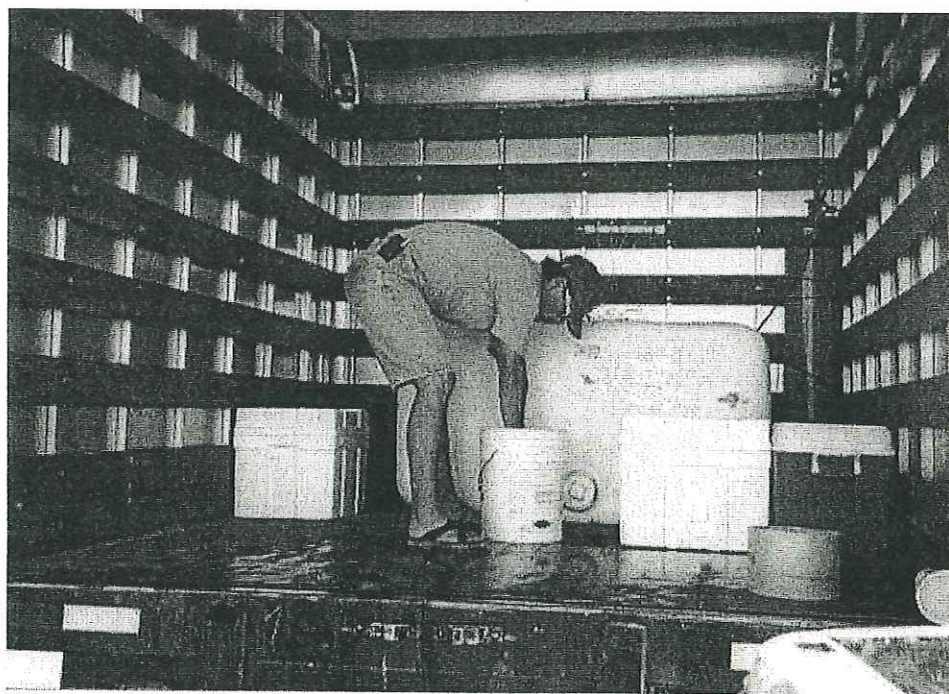


Figura 4. Contenedor de fibra de vidrio donde fueron trasladados los camarones a las instalaciones del CICESE en Ensenada, B.C.

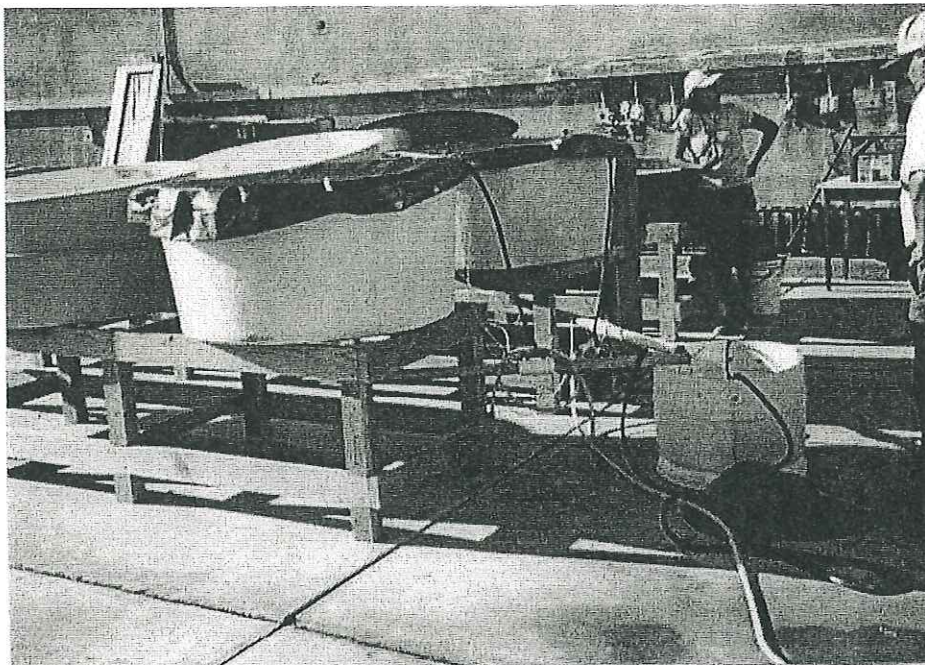


Figura 5. Estanques donde fueron colocados los camarones para aclimatarlos.

6.5 Unidad experimental

Se utilizó un sistema semi-cerrado compuesto por 15 acuarios de 50 L, acoplado a un sistema de bombeo y filtración (**Figura 6 y 7**). El sistema comienza a partir de un estanque de 1000 L con un calentador de 1000 watts para mantener la temperatura constante, principalmente durante la noche. A través de una bomba impulsora de $\frac{3}{4}$ hp, el agua de mar fue repartida a los 15 acuarios. Al alcanzar el nivel de 50 L el agua caía a drenes de pvc de $1\frac{1}{2}$ y era conducida mediante tuberías de descarga de abs de 4" a un estanque de 100 L que contenía filtros para absorber la mayor cantidad de materia orgánica generada y que no volviera a ingresar al sistema. Finalmente el agua se enviaba

con una bomba impulsora de $\frac{1}{4}$ hp hacia el estanque inicial. El sistema tenía un recambio de 500 L por día (50%).

El bioensayo tuvo una duración de 4 semanas donde se utilizaron organismos de la especie *Litopenaeus vannamei* con un peso entre 4 y 15 g (**Figura 8**) a una densidad de 15 organismos por acuario, equivalente a 3.3 organismos/L. La alimentación de los organismos se determinó en función del peso, iniciando con 5% de la biomasa por acuario dividida en tres raciones durante el día. La ración se mantenía o se ajustaba semanalmente dependiendo de la biomasa.

Diariamente antes de alimentar a los organismos, los acuarios eran sifoneados para eliminar el alimento no consumido y las heces excretadas. Cada acuario se cubrió con tela mosquitero (la misma que se utilizó para la presentación de alimento en placas) para evitar que los organismos saltaran hacia el exterior, y por encima de ésta se cubrieron con bolsas de plástico negras para protegerlos del sol (**Figura 9**). De la misma manera se colocaron tiras de tela de mosquitero dentro de los acuarios (**Figura 10**) con el fin de que sirvieran como refugio para los organismos que mudaran y evitar al máximo el canibalismo.

La evaluación de los organismos se realizó semanalmente determinando el peso húmedo (g) de cada uno (**Figura 11**), la supervivencia determinada como el porcentaje resultante de los organismos vivos al final del ensayo, así como el factor de conversión alimenticia (FCA) que se determinó como la

relación entre el alimento suministrado (g) a la biomasa y el peso ganado de la biomasa.

$$\text{FCA} = \frac{\text{Alimento suministrado a la biomasa}}{\text{Peso ganado de la biomasa}}$$

DISEÑO DEL SISTEMA EXPERIMENTAL PARA CAMARON

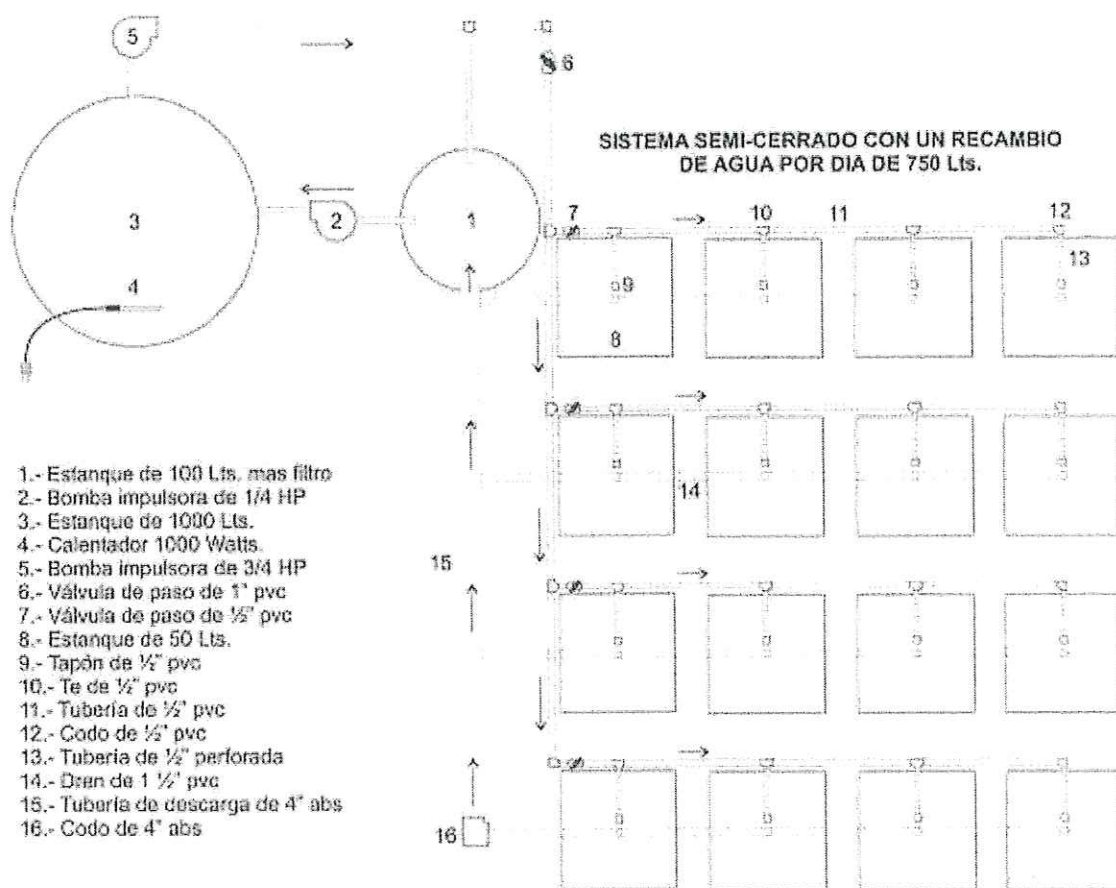


Figura 6. Diseño del sistema experimental donde se muestran sus principales partes.

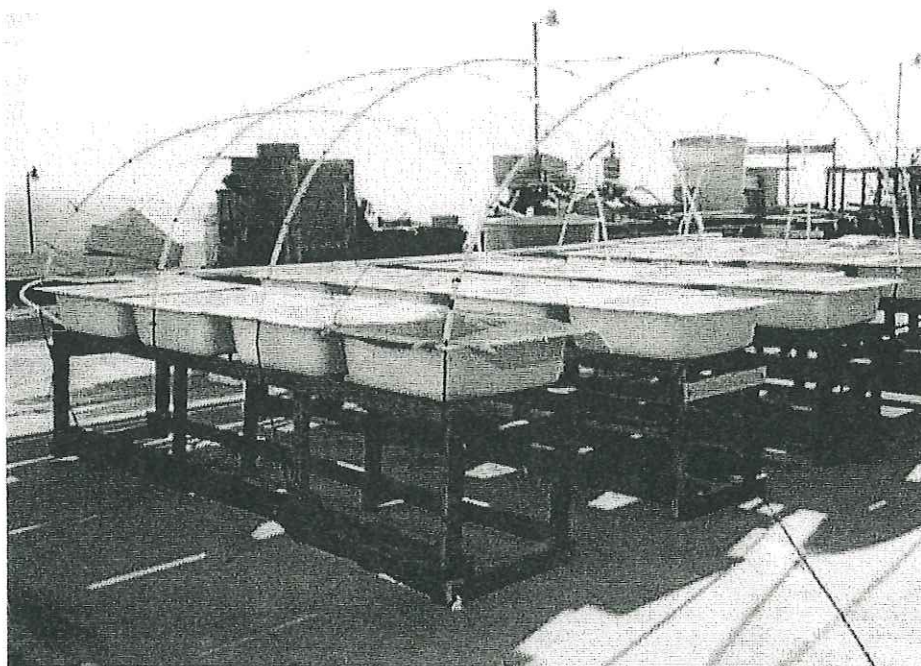


Figura 7. Unidad experimental que se utilizó para llevar a cabo el bioensayo.

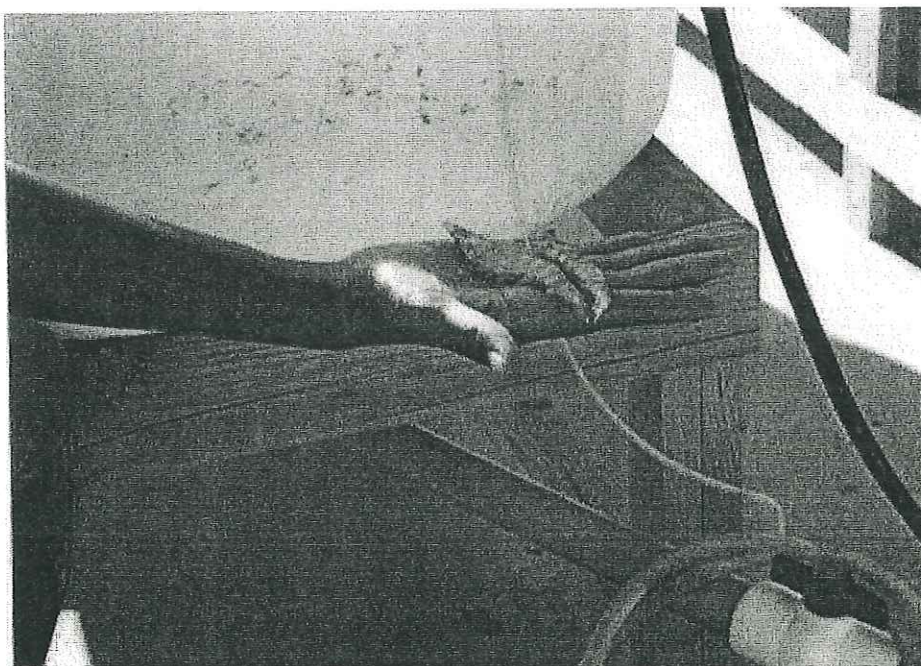


Figura 8. Se utilizaron camarones entre 4 y 15 g para realizar el bioensayo



Figura 9. Los acuarios fueron cubiertos con tela mosquitero y con bolsas negras de plástico para evitar que brincaran fuera de ellos así como para protegerlos del sol.



Figura 10. Vista de una muestra de camarones para efectuar la biometría.

6.6 Parámetros físico-químicos

Las mediciones de todas las variables físico-químicas se realizaron diariamente en la mañana justo antes de alimentar a los camarones. Éstas se tomaron en el primer estanque perteneciente a cada tratamiento con el fin de ver variaciones de acuerdo a la localización del estanque en el sistema. Las mediciones de temperatura, pH y oxígeno disuelto se realizaron con un multiparámetro portátil HACH Sesión 156 con una precisión de $\pm 1.0\%$, mientras que la salinidad del agua se midió con un refractómetro Fisher Brand modelo 8601 con una precisión de $\pm 1.0\text{‰}$. En el caso del amonio ($\text{NH}_3\text{-N}$), se tomaron a diario muestras del agua en tubos Falcon de 50 ml congelándose de inmediato (-20 °C) para su posterior análisis. La cantidad de amonio se determinó utilizando el método de azul de indofenol descrito por Parsons *et al.*, (1984).

6.7 Análisis Proximal

Se llevaron a cabo análisis proximales de las dos dietas experimentales y del alimento comercial de Purina, utilizando los métodos que a continuación se describen. Cada una de las pruebas se realizó por triplicado y los resultados obtenidos se convirtieron en porcentaje basándose en peso seco. Para estos análisis fue utilizado un espectrofotómetro marca ElyPTICA y el programa ElyWin-1.

6.7.1 Humedad

Este método permite determinar el contenido de agua en una muestra. Para ello se pesó una cantidad conocida de cada una de las muestras (peso húmedo), las cuales se colocaron en tubos cónicos Falcon de 50 ml y se sometieron a liofilización a -50°C durante 48 hrs. Finalmente se pesaron y se guardaron a -20°C hasta los análisis proximales. El porcentaje de humedad se calculó por diferencia de peso.

6.7.2 Lípidos

La determinación de lípidos se realizó por triplicado (100 mg por tratamiento) utilizándose una mezcla de metanol-cloroformo-agua como solvente (Blight y Dyer, 1959). Se utilizó una solución concentrada de 2 mg/ml de tripalmitina para la curva estándar. Una descripción mas detallada puede observarse al final de este documento en los **ANEXOS**.

6.7.3 Proteínas

El método que se utilizó es el de Lowry *et al.* (1951). En este método, la proteína reacciona con iones cobre en una solución alcalina, provocando la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (Ácido fosfomolibdico y ácido fosafotunsténico) principalmente por los residuos de tirosina y triptófano y en menor medida por cistina, cisteína e histidina. La curva estándar se elaboró utilizando una solución de albúmina de suero bovino (BSA) concentrada a 300 $\mu\text{g/ml}$, con un gradiente de concentración desde 0 hasta 125 $\mu\text{g/ml}$ (**Anexos**).

6.7.4 Cenizas

Este análisis se realizó con el fin de cuantificar la materia mineral total de las muestras por diferencia de peso. Se utilizaron 0.1g de muestra por tratamiento, por triplicado y se colocaron en navecillas previamente quemadas y pesadas a 550 °C. Se calcinaron las muestras a la misma temperatura durante 4 horas. Las muestras se sacaron y se colocaron en un desecador y posteriormente fueron pesadas.

6.8 Estadística

Se evaluaron 5 diferentes tratamientos con 3 repeticiones para cada uno. Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) como bondad de ajuste a la distribución normal y la prueba de Bartlett que evalúa la igualdad de varianzas.

Los resultados se analizaron utilizando un Análisis de Covarianzas (ANCOVA) y un Análisis de Varianza simple (ANOVA) de una vía de efectos fijos. Para los casos donde se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó una prueba a posteriori de rangos múltiples de Duncan (95% de confianza), utilizando el programa de Statistica para Windows 2000.

7. RESULTADOS

7.1. Análisis proximal de la harina de tapete microbiano

La harina de tapete microbiano (HTM) presentó valores bajos de proteína, lípidos y carbohidratos, y altos de cenizas (**Tabla II**). Dentro del 2.8% de proteínas presentes en la harina de tapetes microbianos se encontró la presencia de 15 aminoácidos, mismos que se muestran en la **Tabla III**

Tabla II. Análisis proximal de la Harina de Tapete Microbiano (HTM).

	Proteínas (%)	Lípidos (%)	Carbohidratos (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)
H T.M	2.8	0.14	6.57	3.35	86.95	1.39

Tabla III. Análisis de aminoácidos en la HTM

Aminoácidos	HTM %	Recomendado %
Aspártico	11.31	
Glutámico	13.28	
Serina	4.39	
Histidina	0.98	2.1
Glicina	4.16	
Treonina	2.26	3.6
Arginina	4.03	5.8
Alanina	5.58	
Tirosina	1.88	3.0
Metionina	4.76	2.4
Valina	4.82	4.0
Fenilalanina	3.75	4.0
Isoleucina	5.15	3.5
Leucina	6.3	5.4
Lisina	1.35	5.3

7.2. Análisis proximal de las dietas experimentales

Las dietas experimentales mostraron ligeras diferencias en el porcentaje de proteínas siendo de 31.97%, 32.88% y 29.88% para el control, Ciano I y Ciano II, respectivamente (**Tabla IV**).

Con respecto al contenido de lípidos, las dietas Ciano I y Ciano II registraron un porcentaje similar con 10.58 y 11.37%, mientras que la dieta control 8.98%, siendo el mas bajo con relación a las otras dos dietas.

El porcentaje de humedad para las dietas Ciano I y Ciano II presentaron valores muy por encima que el de la dieta control, siendo de 9.11, 10.09 y 2.38%, respectivamente.

Los valores para el porcentaje de carbohidratos y cenizas fueron mayores para el alimento control que para las dietas Ciano I y Ciano II como se puede observar en la tabla a continuación.

Tabla IV. Análisis proximal de la dieta control, y las formulaciones con HTM e ingredientes no convencionales

Dietas	Proteína (%)	Lípidos (%)	Humedad (%)	Carbo-hidratos (%)	Cenizas (%)
Control	31.97	8.98	2.38	29.40	27.23
Ciano I y Ciano Ia	32.88	10.58	9.11	26.37	21.03
Ciano II y Ciano Ila	29.88	11.37	10.09	24.75	23.89

7.3. Parámetros físico-químicos

7.3.1 Temperatura

La temperatura registrada en los acuarios a lo largo del experimento presentó fluctuaciones que van desde los 19.96 °C como mínima y los 25.56 °C como máxima, con un promedio de 22.69 °C .

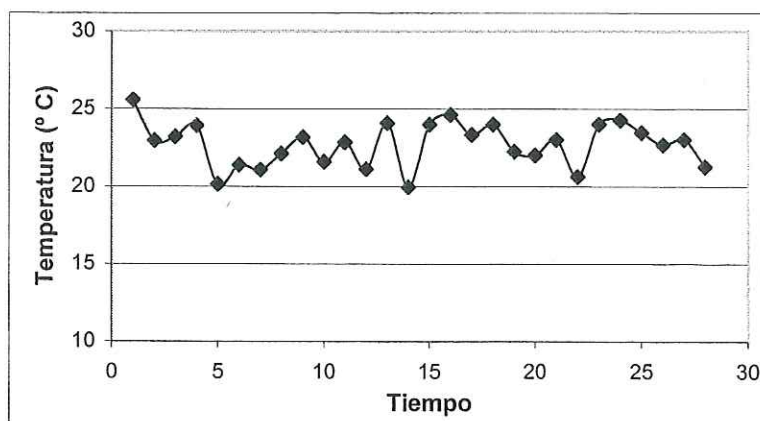


Figura 11. Comportamiento de temperatura durante el bioensayo

7.3.2 Salinidad

La salinidad se mantuvo entre 30.4 ‰ como mínima y 36.4 ‰ como máxima, con una concentración promedio de 34.16 ‰.

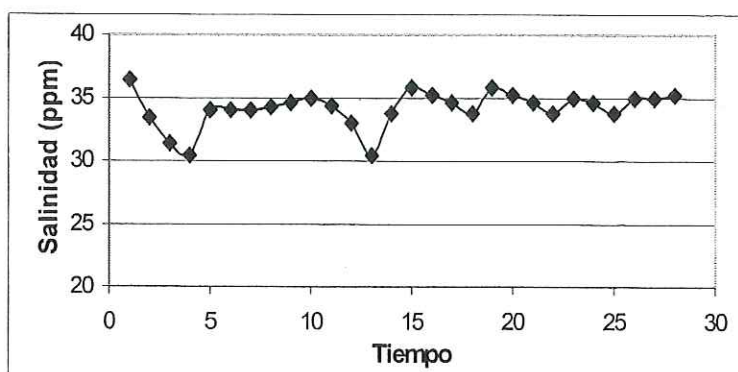


Figura 12. Comportamiento de la salinidad durante el bioensayo

7.3.3 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó concentraciones de 4.02 mg/ml como mínimo y 6.4 mg/ml como máximo al final del experimento, con una concentración promedio de 5.12 mg/ml .

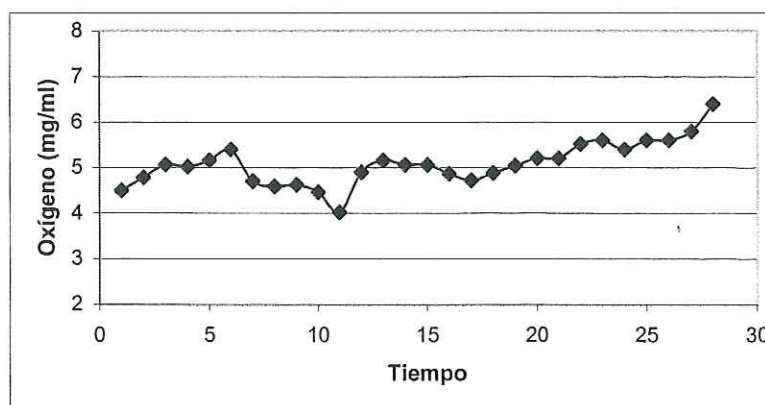


Figura 13. Comportamiento del oxígeno disuelto (mg/ml) durante el bioensayo

7.3.4. pH

El pH fluctuó de 7.02 a 8.09 con un promedio de 7.49 y se midió durante las primeras dos semanas del experimento. Posteriormente se realizaron mediciones puntuales para cuidar el pH del sistema.

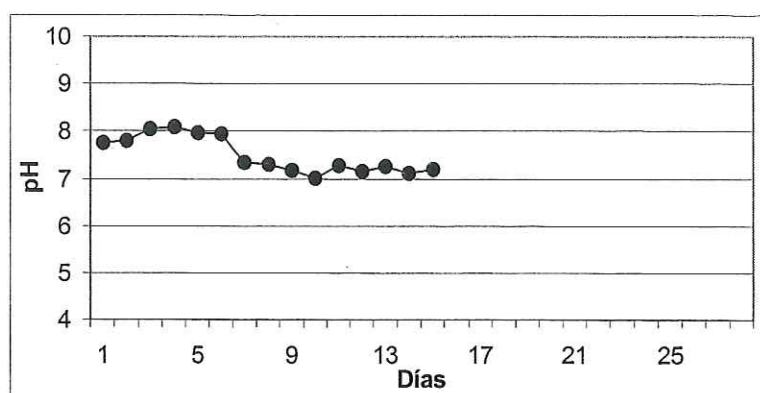


Figura 14. Comportamiento del pH durante el bioensayo

7.3.5. Amonio

El amonio se mantuvo oscilante entre los 309.95 $\mu\text{l/l}$ como máximo y los 73.78 $\mu\text{l/l}$ como mínimo con un promedio de 147.29 $\mu\text{l/l}$.

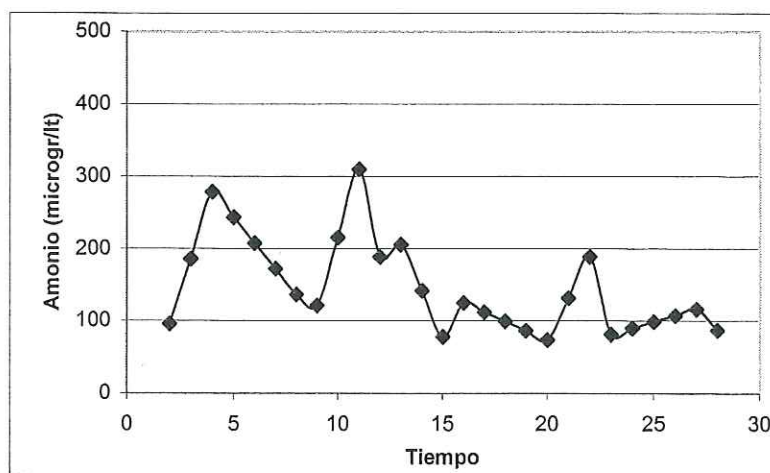


Figura 15. Comportamiento del Amonio ($\mu\text{l/l}$) durante el bioensayo

7.4. Efecto de las dietas en los organismos

7.4.1. Crecimiento en peso húmedo

Los organismos alimentados con la dieta Ciano I (pellets) registraron el mayor crecimiento en peso con organismos de 10.42 ± 2.98 g y un crecimiento total del 13.26%. En las dietas Control y Ciano Ila se registraron organismos con un peso final de 9.82 ± 2.54 g y 10.06 ± 3.83 g. El valor en peso promedio mas bajo fue para el alimento Ciano II, con organismos de 9.12 ± 3.02 g. de peso y un crecimiento total de 4.70%, muy parecida a la del control, seguido de los organismos alimentados con la dieta Ciano Ia con organismos de 9.38 ± 3.02 g. de peso y un crecimiento total de 12.33% (**Tabla V; Figura 16, 17 y 18**). El análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en el

crecimiento de los camarones entre los tratamientos (**Tabla VI**). De acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan, existen diferencias significativas en crecimiento entre dos grupos, los organismos alimentados con la dieta Ciano II y Ciano Ia y los alimentados con las dietas Ciano I y Ciano Ila. Estadísticamente no existen diferencias en el crecimiento de estos dos grupos con el crecimiento de los organismos alimentados con el control.

Tabla V. Crecimiento expresado en peso de los camarones alimentados con las dietas experimentales en el bioensayo de 28 días.

Dieta	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Crecimiento total (%)
Control	9.36 $\pm$ 2.49	9.82 $\pm$ 2.54	4.91
Ciano I	9.20 $\pm$ 3.33	10.42 $\pm$ 2.98	13.26
Ciano II	8.71 $\pm$ 2.77	9.12 $\pm$ 3.02	4.70
Ciano Ia	8.35 $\pm$ 2.87	9.38 $\pm$ 3.02	12.33
Ciano Ila	9.10 $\pm$ 3.53	10.06 $\pm$ 3.83	10.54

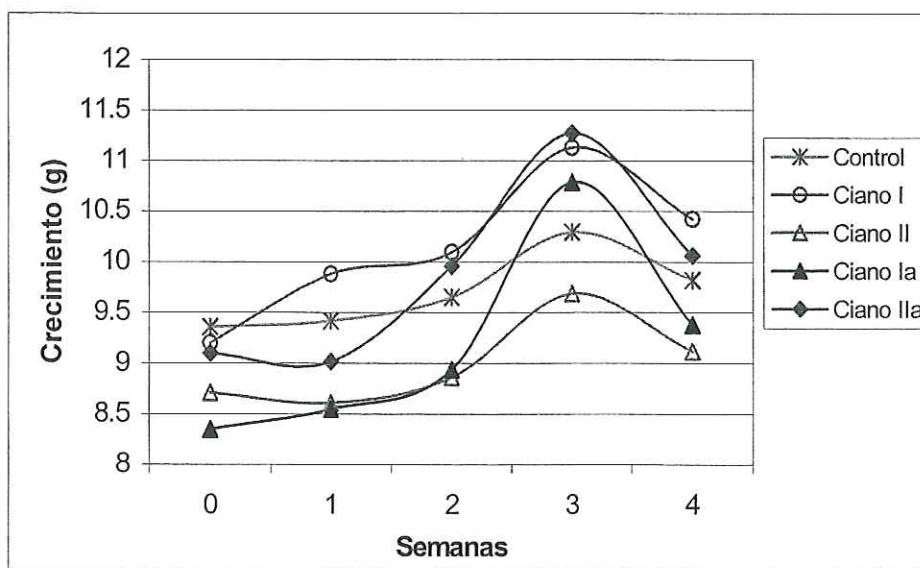


Figura 16. Crecimiento (g) de juveniles *L. vannamei* durante el bioensayo

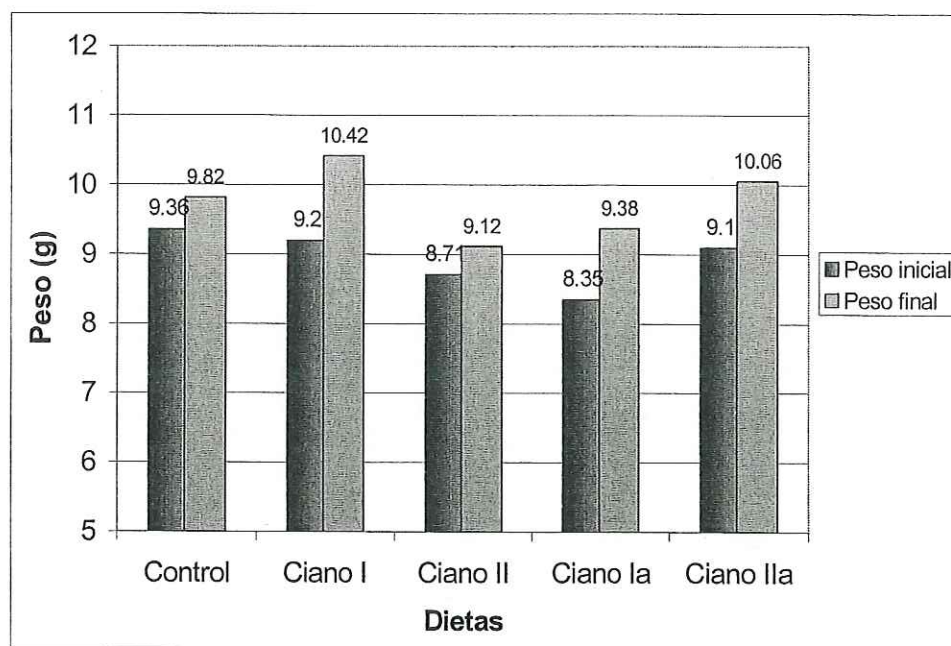


Figura 17. Peso (g) de los camarones al inicio y al final del bioensayo.

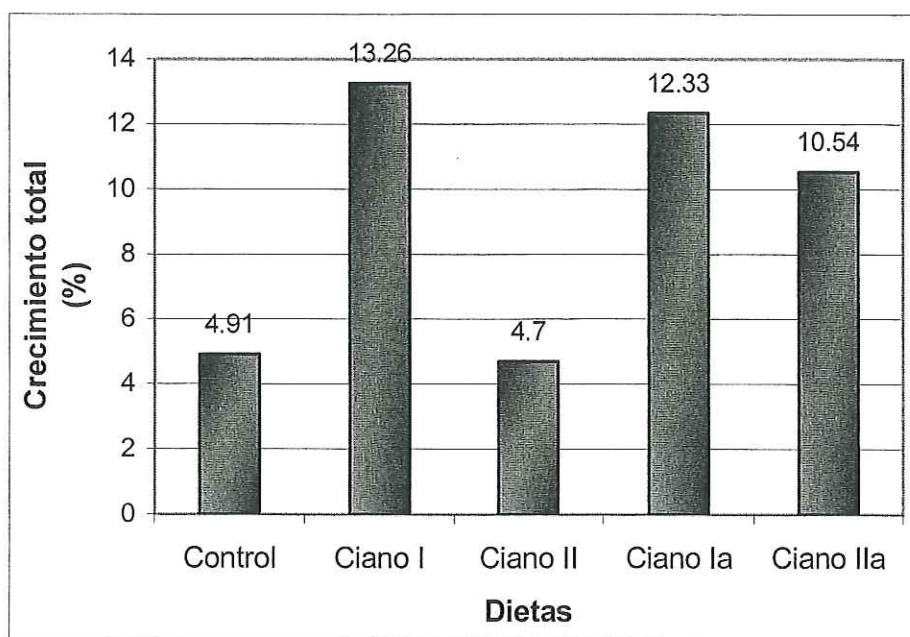


Figura 18. Crecimiento total (%) de juveniles *L. vannamei* alimentados con las diferentes dietas después de 28 días.

7.4.2. Supervivencia

La supervivencia final para las cinco dietas fue por debajo del 68%. El caso de los organismos alimentados con la dieta control presentó el valor más alto con 66.66%, mientras que la dieta Ciano Ia presentó el valor más bajo con 35.55% (**Figura 19**). El análisis estadístico muestra que se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la supervivencia de los diferentes tratamientos (**Tabla VI**).

De acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan, (**Tabla VII**) existen diferencias significativas muy marcadas en la supervivencia de dos grupos de organismos, los alimentados con el control y los alimentados con la dieta Ciano Ia. En estos tratamientos se registraron la máxima y la mínima

supervivencia respectivamente, por lo que los valores de supervivencia de los demás tratamientos se encuentran entre estos extremos. En ellos se presentaron dos subgrupos donde se registraron diferencias entre los organismos alimentados con las dietas Ciano I y Ciano IIa con los alimentados con la dieta Ciano II.

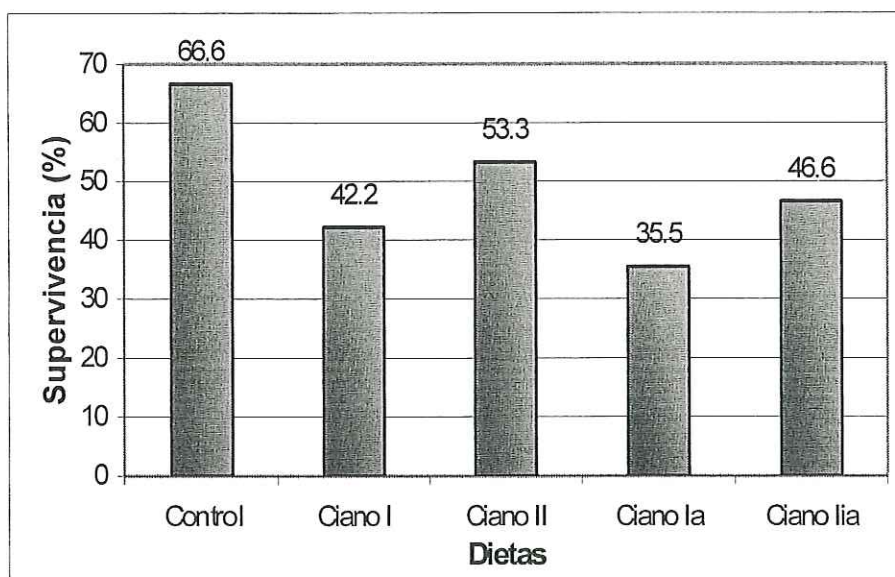


Figura 19. Supervivencia (%) de juveniles *L. vannamei* al final del experimento

7.4.3. Factor de conversión alimenticia (FCA)

La dieta Ciano Ia presentó el factor de conversión alimenticia mas bajo con 1.92, mientras que la dieta Control presentó el factor mas alto con 4.65 (**Figura 20**). El análisis estadístico muestra que se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el FCA de dichos tratamientos (**Tabla VI**).

De acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan, existen diferencias significativas del FCA entre dos grupos, los organismos alimentados con la dieta Ciano Ia, Ciano I y Ciano IIa y los alimentados con la dieta Control. El FCA de la dieta Ciano II no presenta diferencias significativas con ningún grupo (**Tabla VII**).

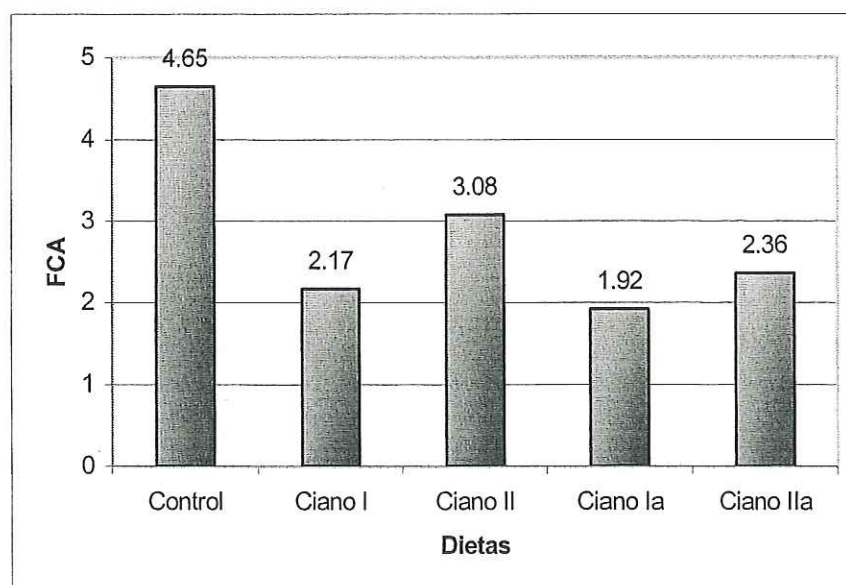


Figura 20. Factor de conversión alimenticia (FCA) de las dietas utilizadas para alimentar juveniles de *L. vannamei*.

Tabla VI. Resumen estadístico de las determinaciones realizadas a los organismos . ANCOVA/ANOVA de 1 vía con efectos fijos ($p < 0.05$)

	Efecto	Efecto de gl	Efecto de varianza	Error de gl	Error de varianza	Valor de F	Probabilidad
Peso (g)	1	4	31.047	771	8.705	3.566	0.0068
% Super.	1	4	19.186	69	4.004	4.791	0.0018
FCA	1	4	3.543	10	0.916	3.865	0.0377

Tabla VII. Resumen de la Prueba de rangos múltiples de Duncan

Dieta	Crecimiento	Supervivencia	FCA
Control	ab	c	b
Ciano I	b	ab	a
Ciano II	a	bc	ab
Ciano Ia	a	a	a
Ciano IIa	b	ab	a

Las dietas que presentan una sola letra difieren significativamente ($p < 0.05$), las dietas con dos o mas letras no son estadísticamente diferentes a tales grupos.

Tabla VIII. Resumen del comportamiento de *L. vannamei* alimentado con ingredientes no convencionales (harina de tapetes microbianos) en un sistema super-intensivo.

Dieta	X (Pi) (g)	X (Pf) (g)	Pi (g)	Pf (g)	COt (g)	Ct (g)	CT (%)	FCA	Supr %
Control (pellets)	9.36 ± 2.49	9.82 ± 2.54	421.47	301.5	513.128	0.46	4.91	4.65	66.66
Ciano I (pellets)	9.20 ± 3.33	10.42 ± 2.98	414	224.6	434.29	1.22	13.26	2.17	42.22
Ciano II (pellets)	8.719 ± 2.77	9.12 ± 3.02	392.35	231.6	458.5	0.401	4.70	3.08	53.33
Ciano Ia (placas)	8.35 ± 2.87	9.38 ± 3.02	375.75	171.2	394.94	1.03	12.33	1.92	35.55
Ciano IIa (placas)	9.10 ± 3.53	10.06 ± 3.83	409.5	233.73	423.25	0.96	10.54	2.36	46.66

Dieta = Alimento

X (Pi) = Media del peso inicial

X (Pf) = Media del peso final

Pi = Peso inicial (Biomasa)

Pf = Peso final (Biomasa)

% Supr = Supervivencia en %

COt = Consumo total de alimento

Ct = Crecimiento total en g

CT = Crecimiento total en %

FCA = Factor de conversión
alimenticia

8. DISCUSIONES

8.1 Parámetros fisicoquímicos

La medición de las variables fisicoquímicas en los sistemas de cultivo superintensivos son de gran importancia, ya que estas variables pueden alterar directa o indirectamente la fisiología y por lo tanto el crecimiento y la supervivencia de los organismos (Brock y Main, 1994).

Las variables fisicoquímicas para un buen crecimiento de camarón se encuentran establecidas para ciertas especies y etapas de crecimiento. En el caso de camarones juveniles, los intervalos mas adecuados presentados por Boyd *et al.* (1992); Colt y Huguenin (1992) son: pH de 7.9-8.2, temperatura de 25-28 °C, salinidad de 26-34 ‰, oxígeno disuelto de 4-6 mg/l. Brock y Main (1994) establecen que el amonio debe ser menor de 0.5 mg/l (500 l/l).

Sin embargo, Clifford III (1999), reporta para camarón azul, intervalos de temperatura de 23-28 °C en la etapa de prengorda. Estos valores pueden ser recomendados también para camarón blanco ya que son organismos con alta adaptabilidad y sus requerimientos son muy similares entre sí (Velasco, 2000).

La temperatura promedio durante el periodo de experimentación fue de 22.69°C, ligeramente por debajo de lo recomendado por Clifford III (1999). Acosta *et al.* (1997) en un estudio con juveniles de *Penaeus monodon*, presentaron variaciones en la temperatura de 34 °C $\pm$ 9 °C sin afectar el crecimiento de los organismos. Esta especie de camarón presenta resistencia a las condiciones

climáticas, por lo que la pequeña variación de la temperatura en este experimento no pudo haber afectado el crecimiento y supervivencia de *L. vannamei*, ya que es una especie que junto con *L. stylirostris*, resisten mejor las variaciones de las condiciones en el cultivo.

La salinidad, el oxígeno disuelto y el pH se mantuvieron dentro del intervalo recomendado con un promedio de 34.16 ppm, 5.12 mg/ml y 7.49, respectivamente. El amonio se mantuvo muy por debajo de lo recomendado con un promedio de $147.29 \mu\text{L}^{-1}$.

Las fluctuaciones de todas las variables fisicoquímicas (pH, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y amonio) medidas en este estudio se mantuvieron dentro o muy cercano de los intervalos que se consideran como adecuados para el crecimiento de juveniles de *L. vannamei* de acuerdo con lo reportado por Boyd, Colt y Brock (op. cit.).

Cruz-Suárez et al. (1994) en varios estudios, utilizando postlarvas de *L. vannamei*, con densidades de 4 org L^{-1} , obtuvieron valores de temperatura 25-30 °C, salinidad 34-37 g L^{-1} y pH 8.4-8.7 sin ver afectado su crecimiento, siendo la salinidad comparable con la registrada en este estudio.

Los valores de pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y amonio, fueron el resultado de un buen sistema de recirculación y a la tasa de recambio diario (50%). Debido a ello se puede decir que la calidad del agua en este estudio no parece haber sido un factor que pudiera alterar el crecimiento y la supervivencia en los camarones.

8.2 Dietas experimentales

La formulación de las dietas con la inclusión de HTM se hizo con el fin de ver su efecto sobre el crecimiento y supervivencia del camarón blanco *L. vannamei*, dado que en la granja Vizsomar los camarones se alimentan de estos tapetes localizados en el fondo de los estanques.

La inclusión de esta harina fue de 15% y 20% suficiente para ver efectos en los organismos. Junto con ésta fueron incluidos ingredientes no convencionales para cubrir sus requerimientos nutricionales, ya que la HTM presentó un bajo nivel protéico en contraparte con un alto nivel de cenizas.

La formulación de las dietas utilizadas se basó en la elaborada por Acosta-Ruiz *et al.* (2004) con una modificación en el porcentaje de proteína, ya que *L. stylisrostris* por su comportamiento carnívoro y agresivo requiere de un porcentaje mayor de proteína que la que se administra al camarón blanco. En este sentido, la formulación de las dietas utilizadas se basó en los porcentajes que se consideran adecuados para juveniles de *L. vannamei* que se considera del 30-36% de proteína en alimentos balanceados (Akiyama *et al.* 1992).

Para el caso de las dietas experimentales, los porcentajes de proteína fueron de: 31.97%, 32.88% para Control y Ciano I, y ligeramente por debajo Ciano II con 29.88%. Aunque la diferencia en contenido protéico entre Ciano II con respecto a las otras dos dietas, es baja, se presentaron diferencias significativas

en relación con el crecimiento, sobrevivencia y FCA de los organismos entre los tratamientos (**Tabla VI**).

Los resultados derivados de los análisis proximales en las dietas utilizadas, demuestran que los porcentajes se encuentran dentro de los intervalos requeridos en la elaboración de alimentos balanceados propuestos por Akiyama et al. (1992), a excepción de proteínas y lípidos de la dieta Ciano II con 29.88% y 11.37%, respectivamente. Sin embargo, el valor de proteína resultó sólo 0.22% menor de lo recomendado y el valor de lípidos resultó 1.37% mas elevado comparado con lo reportado por Akiyama et al. (1992), donde la inclusión máxima de lípidos recomendada no debe sobrepasar el 10%. La dieta Ciano I sobrepasó solo un 0.58% el nivel lipídico recomendado.

El mismo autor reporta que al exceder el 10% de los niveles de lípidos se puede presentar una disminución en el crecimiento y una alta mortalidad. En este estudio, los resultados de crecimiento y supervivencia mostraron diferencias significativas entre los camarones alimentados con las dietas que presentaron un alto contenido de lípidos (Ciano I y II) con respecto a la dieta que mantuvo el porcentaje recomendado (Control). Sin embargo estas diferencias no pueden ser atribuidas al exceso de lípidos en las dietas ya que el crecimiento fue mayor en los organismos alimentados con Ciano I y Ciano II con respecto a los alimentados con la dieta Control.

Asimismo se encontraron diferencias significativas en función del crecimiento, entre la dieta que se encuentra por debajo de los niveles de proteínas

recomendados (Ciano II), y las dietas con mayor contenido protéico (Ciano I) (Tabla VII).

Con respecto al alto nivel de cenizas en la HTM, se atribuye a que los tapetes colectados fueron secados de inmediato sin remoción del sedimento, por lo que el sedimento adherido fue incluido en el proceso de elaboración de la HTM. Una vez que se elaboraron las formulaciones, el nivel de cenizas fue amortiguado ya que la inclusión de la HTM mas sedimento fue del 15 y 20%.

Con respecto a la presentación del alimento, se trataba de desarrollar una nueva técnica de alimentación, ya que en la etapa juvenil, los camarones ya no se alimentan de materia flotante sino del material en el fondo del estanque. Al poner la misma cantidad de alimento de pellets en las placas, había una mayor superficie de alimento, por lo que más de un camarón podían alimentarse al mismo tiempo y de esta manera habría mayor oportunidad para todos los organismos de consumir el alimento en relación con los pellets.

Durante el experimento se observó que más de un camarón comían de las placas al mismo tiempo o bien, ocupaba toda la placa ahuyentando a los demás camarones, mostrando su característica territorialista que los distingue.

En relación a tener un alimento práctico, la presentación en placas requiere mayor esfuerzo en elaboración, almacenamiento y aplicación ya que tienen que ser preparadas el mismo día que se alimente a los camarones, caso contrario del alimento en pellets.

Respecto al FCA, aparentemente el alimento en placas resultó ser mas eficiente al presentar el valor mas bajo en la dieta Ciano Ia (1.92). Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas con las demás dietas en pellets con excepción del alimento control, el cual presentó el valor mas alto de FCA (4.65). Sin embargo cabe mencionar que estos valores no pueden ser atribuidos a las dietas, sino a otros factores, como la supervivencia y el canibalismo que serán discutidos mas adelante dentro de este documento.

8.3 Evaluación de los organismos

Con respecto al crecimiento, se detectaron diferencias significativas entre los organismos alimentados con las diferentes dietas (**Tabla VI**), sin embargo de acuerdo al estadístico de Duncan, las diferencias fueron entre dos grupos, los alimentados con las dietas Ciano I (pellets) y Ciano IIa (placas) y los alimentados con las dietas Ciano II (pellets) y Ciano Ia (placas). El primer grupo abarca los organismos que registraron el mayor crecimiento, con 10.42 ± 2.98 g y 10.06 ± 3.83 g, respectivamente, mientras que el segundo fue el grupo que registró el menor crecimiento al final del experimento con 9.12 ± 3.02 g y 9.38 ± 3.02 g, respectivamente.

El incremento en peso parece ser influenciado por el área de superficie y/o volumen del contenedor de cultivo. Estudios anteriores con juveniles de langosta norteamericana (*Homarus americanus*) (Aiken y Naddy, 1978), sugieren que un espacio limitado afecta el crecimiento, reduciendo la frecuencia de muda o el incremento porcentual en peso a la muda. Por lo que se puede decir que este

factor al tratarse de un sistema superintensivo, definitivamente tiene una afectación directa en el crecimiento de los organismos en este experimento, y a que al tener una densidad de 3.3 org/L, la oportunidad por el espacio se redujo en gran medida. Esto provocó que los camarones sometidos a este factor no alcancen la tasa de crecimiento esperada (1 g/semana) en el mes de experimentación.

El espacio limitado en los acuarios además de afectar el crecimiento de los camarones, incrementó las posibilidades de canibalismo y por ello se registraron bajos porcentajes de supervivencia incluso para el grupo de organismos alimentados con el alimento control.

Estadísticamente este grupo. no presentó diferencias significativas en el crecimiento con el resto de los grupos, logrando un peso final de 9.82 ± 2.54 g , registrando un bajo crecimiento total (4.91%) y el mayor porcentaje de supervivencia con un 66.6% al final del experimento.

La supervivencia es uno de los factores críticos en la etapa de pre-engorda en sistemas superintensivos los cuales se deben mantener por arriba del 80% (Moore y Brand, 1993), porcentaje que no alcanzó ninguno de los tratamientos por las causas antes mencionadas.

Los organismos que registraron el mayor crecimiento total (Ciano I y Ciano la) presentaron los porcentajes mas bajos de supervivencia con un 42.2 y 35.5 %. Por otro lado, el grupo de organismos que registraron las tasas de crecimiento mas bajas (Control y Ciano II) presentaron los porcentajes mas altos de

supervivencia con un 66.6 y 53.3%. La dieta Ciano Ila se encuentra entre estos dos grupos con un porcentaje de supervivencia del 46.6%.

En un trabajo complementario García (2003) encontró que varias especies de cianobacterias presentes en el tapete microbiano mostraron toxicidad contra nauplios de *Artemia* sp., por lo que podrían también ser tóxicas para *L. vannamei*. De ser así la sobrevivencia de los camarones alimentados con la concentración más alta de HTM (20%) deberían haber mostrado los mas bajos porcentajes de supervivencia. Sin embargo, los camarones alimentados con las dietas con 20% de HTM mostraron los porcentajes más altos en supervivencia en comparación con los alimentados con un 15% de HTM, por lo que esto no parece ser la causa de la baja supervivencia.

Como se ha mencionado con anterioridad, al tratarse de un sistema superintensivo (3.3 camarones por litro), hubo mayor exposición a la interpretación, por lo que los organismos que mudaban, eran presos fáciles para ser comidos por los otros organismos. Por ello, en todos los acuarios, incluyendo los alimentados con la dieta control, fueron encontrados camarones recién mudados sin pleópodos y/o sin ojos, siendo el principal motivo de las bajas supervivencias.

La efectividad de una dieta se expresa usualmente en términos del factor de conversión alimenticia o eficiencia de alimento. Una dieta bien formulada debe dar un buen factor de conversión y mientras mas bajo sea este, se considera mas

eficiente, esto es, que se requiere menos alimento suministrado por unidad de peso ganado (Pascual, 1989).

El estadístico en relación al FCA, presenta dos grupos: el del valor mas alto (Control con 4.65) y el de los valores mas bajos (Ciano I, Ciano Ia y Ciano IIa, con 2.17, 1.92 y 2.36 respectivamente). El grupo de organismos alimentados con la dieta Ciano II con un valor de FCA de 3.08, no presenta diferencias significativas con ningún grupo.

El grupo de organismos con el crecimiento total mas bajo y con porcentajes de supervivencia mas altos (Control y Ciano II) fueron los organismos que presentan aparentemente una baja eficiencia alimenticia, registrando un FCA por debajo de la recomendada ($FCA = 1$).

Con respecto al grupo de organismos con el crecimiento total mas alto y con los porcentajes de supervivencia mas bajos (Ciano I y Ciano Ia), aparentemente fueron los organismos que mas se acercan al FCA recomendado, ya que sus valores son muy cercanos a 1.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los organismos alimentados con una inclusión del 20% de HTM fueron los que presentaron los porcentajes más altos de supervivencia por debajo del alimento control.

Las diferencias encontradas en crecimiento, supervivencia y FCA de los diferentes tratamientos son debido a la inclusión de HTM en la dieta, independientemente de su presentación, ya que los organismos alimentados con

las dietas Ciano II (pellets) y Ciano Ila (placas) presentaron similares a los resultados obtenidos con el alimento control (Camaronina 35% de Purina).

Si bien la harina de tapetes microbianos no cubre los requerimientos nutricionales del camarón, García (2003), sugiere la posibilidad de que las cianobacterias presentes en el tapete microbiano puedan estar siendo utilizadas como probióticos por los camarones, reduciendo las posibilidades de colonización de patógenos. Este autor obtuvo extractos de la HTM, los cuales mostraron actividad antimicrobiana alta contra *B. Subtilis* y baja contra especies patógenas del género *Vibrio* como *V. alginolyticus* y *V. parahaemolyticus*.

9. CONCLUSIONES

- Las fluctuaciones mostradas por las variables fisicoquímicas (Temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto y amonio) se mantuvieron dentro o muy cercanos a los intervalos considerados como adecuados para el crecimiento de camarones juveniles de *L. vannamei*.
- La HTM presentó valores bajos de proteína, lípidos y carbohidratos por lo que los camarones de granjas acuícolas como Vizomar que se alimentan en gran medida de los tapetes microbianos requieren de la adición de alimento que complemente sus requerimientos nutricionales.
- La presentación del alimento (pellet y placa) no parece haber tenido una influencia en los resultados de crecimiento y sobrevivencia obtenidos. Sin embargo, debido a la conducta territorialista observada por los camarones se sugiere el uso de pellets en ensayos posteriores.
- Las dietas Ciano II y Ciano IIa con una inclusión de HTM del 20% resultaron similares en términos de crecimiento y FCA a la dieta control.
- Las dietas Ciano I y Ciano Ia con un contenido de HTM del 15%, registraron los porcentajes mas altos de crecimiento total .
- La supervivencia fue afectada por el canibalismo en todos los tratamientos.

10. RECOMENDACIONES

- Remover el sedimento adherido a los tapetes microbianos que se colecten para incluirlos en la dieta..
- Evaluar la resistencia del camarón alimentado con cianobacterias frente a patógenos específicos como *Vibrio* sp.
- Evaluar el grado de salud del tejido de camarón que ha sido alimentado con cianobacterias para consumo humano, comparado con camarones que han sido alimentados con dietas comerciales.

11. LITERATURA CITADA

- **Abdo de la Parra, M. I. (1998).** Requerimientos nutricionales de camarones peneidos. Curso Internacional sobre alimentación de camarón. 18-19 de marzo, Mazatlán, Sinaloa, México
- **Acosta-Ruiz, M.J., Córdova-Murueta, J.H. & Re-Araujo, A.D. (1997).** Alimentación del camarón *Penaeus monodon* (Crustacea: Penaeidae) con productos regionales de Baja California. Rev. Biol. Trop., 44(3)/45 (1): 431-435p.
- **Acosta-Ruiz, Manuel de J., Paredes-Escalona, E., y Márquez-Rocha, F. J. (2004).** Inclusión de harinas de pescado semi-procesado y de plantas halófitas en la alimentación de *Litopenaeus stylirostris* (STIMPSON, 1874): en cultivo super-intensivo. III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura 2004, 1-17pp.
- **Aiken, D. E. & Naddy, S. D. (1978).** Relationship between space, density and growth of juvenile lobsters, *Homarus americanus*, in culture tanks. Proceedings of the World. Mariculture Society 5: 461-467.
- **Akiyama, D.M., Dominy, W.G., y Lawrence, A.L. (1992).** Penaeid shrimp nutrition. In: Arlo W. Fast and I. James Lester (eds) Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier Science Publishers pp. 535-568.
- **Almazán, De la Rosa. J. 1997.** Procesamiento de dietas para organismos acuáticos. En: Curso internacional de nutrición de organismos acuáticos.

Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, A.C. 29 de octubre (1997). Puerto Vallarta Jalisco, México. 95-113 p.p.

- **Bailey, J.H., y Moss, S.M. (1992).** Penaeid Taxonomy, biology and zoogeography. In: Arlo W. Fast and I. James Lester (eds) Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier Science Publishers pp. 16-23
- **Bender, J., Lee, R. F., y Phillips P. (1995).** Uptake and transformation of metals and metalloids by microbial mats and their use in bioremediation. Journal of Industrial Microbiology, (14), 113-118 pp.
- **Bigliani, R. J.** 1996. El proceso de peletización en la producción de alimentos para acuicultura. En: Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Monterrey, N.L. México. 393-414 p.p.
- **Berger, C. (2000).** Aportes de la Biotecnología a la alimentación y a la Inmuno-Estimulación de camarones peneidos. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cavedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- **Boyd, C.E., y Fasta, A.W. (1992).** Pond Monitoring and Managment in: Marine shrimp culture: Principles and Prctices. Elseiver Science Publishers. 497 –513 pp.
- **Bray, W. A., A. L. Lawrence y J. R. Leung-Trujillo. 1994.** The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction of IHHN virus and salinity. Aquaculture. 122: 133-146 p.

- **Brock, J.A., y Main K.L., (1994).** A Guide to the common Problems and Diseases of Cultured *Penaeus vannamei*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 242 p.
- **Brock, D.T., Madigan, M.T. (1991).** Microbiología., Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México., 956p.
- **Calvin, L.B. & Brand, C.W. (1997).** The protein requeriment of penaeid shrimp at various life cycle stages in contolled enviroments systems. J. World Mariculture Soc. 8:821.
- **Carmichael W. W., (1994).** The toxins of cyanobacteria. Scie. Ame. Jan; 270 (1). Pp 78-86
- **Carrillo, O., Vega-Villasante, F., Nolasco, H., y Gallardo, N. (2000).** Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento del camarón. En: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cavedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- **Centro de Investigaciones Cientificas y Tecnologicas de la Universidad de Sonora (CICTUS). (1982).** El cultivo del camaron azul *Penaeus stylirostris* Stimpson. Universidad de Sonora. 126 pp.
- **Chamberlain, G.W. (1994).** Investigación de frontera en nutrición acuícola. En: Mendoza-Alfaro, R.E., Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D. (eds). Memorias del

II Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 7-9 Noviembre, 1994. Monterrey, N.L, México.

- **Clifford III, H.C. (1999).** Manejo de estanques sembrados con camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. Nutrición y alimentación. Panorama Acuícola Magazine. Marzo/Abril 1999. 12-13pp.
- **Cruz-Suarez, L.E., y Domínguez-Jimenez, V.P. (1994).** En: Mendoza-Alfaro, R.E., Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D. (eds). Memorias del II Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 7-9 Noviembre, 1994. Monterrey, N.L, México.
- **Cruz-Suárez, L.E. (1998).** Digestión en camarón y su relación con formulación y fabricación de alimentos balanceados. Curso Internacional sobre alimentación de camarón. 18-19 de marzo, Mazatlán, Sinaloa, México.
- **Cruz-Suárez, L.E., Antimo-Pérez, J.S., Luna-Mendoza, N., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C., y Rique-Marie, D. (2000).** Relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal óptimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cevedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- **Cortés-Altamirano, R. & Licea-Durán, S. (1999).** Florecimientos de Microalgas Nocivas en Estanques para Cultivo Semi-Intensivo de Camarón en México., Revista Latinoamericana de Microbiología (41): 157-166.

- **Cotteau, P., Denece, E., Phan, D., Pinon E., & Balcazar, Y. (2001).** Efectos en el desempeño de reproductores de camarón al suministrar una dieta seca. Panorama acuícola. Vol. 6 No. 5. 61pp
- **Davis, A. and Arnold, G. R. 1998.** The design, management and production of a recirculating raceway system for the production of marine shrimp. Aquaculture Eng. Vol. (17), 193-211 p.p.
- **DeWalt, B. (2000).** Social and Environmental aspects of shrimp aquaculture in coastal Mexico. Paper prepared for delivery at the conference; MANGROOVE 2000: Sustainable use of estuaries and mangroves: Challenge and Prospects; Recife, Brazil 22-28, May 2000.
- **Díaz, G. J. 1996.** Principales ingredientes a utilizar en dietas para acuicultura. En: Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Serie Fundamentos No. 3. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. República de Colombia. 179-263 p.p.
- **Díaz Herrera, F., C. Farfán, E. Sierra y A. D. Re. 2001.** Effects of temperature and salinity fluctuation on the ammonium excretion and osmorregulation of juveniles of *Penaeus vannamei*, Boone. Mar. Fresh. Behav. Physiol. 1-12 p.
- **Durazo, B.E. (1992).** Elementos básicos de tecnología de los productos pesqueros. Universidad Autónoma de Baja California., Facultad de Ciencias Marinas., 180p.
- **Ellis, J. N. 1994.** In: search of history: Early day trout feeds. Aquaculture magazine. July/August , 50-59 p.p.

- **Estrada, F. S, y S. E. Valdes.** 1993. Critical operations on the manufacture of pelleted feeds for crustaceans. *Aquaculture*, 114: 83-92.
- **Faulkner, D.J. (2000).** Marine pharmacology. *Antonie van Leeuwenhoek* 77: 135-145. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- **García-Lagunas, G. (2003).** Bioprospección de compuestos activos de cianobacterias aisladas de estanques de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Tesis de Licenciatura en Biología Marina. Universidad del Mar. Puerto Angel, Oaxaca. 77p
- **Itami, T. y Takahashi, Y. (1991)** Survival of larval giant tiger prawns *Penaeus monodon* after addition of killed vibrio cells to a microencapsulated diet. *Journal of Aquatic Animal Health*. 3:151-152
- **Kenyon, C.N. (1972).** Fatty Acid Composition of Unicellular Strains of Blue-Green Algae., *Journal of Bacteriology*. Feb. p827-834
- **Kuresh, N. y Davis, D.A. (2000).** Metabolic requirement for protein by Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cevedo, R. (eds). *Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- **Lall, S.P. y Olivier, G. (1991).** Role of micronutrients in immune response and disease resistance in fish. *Fish Nutrition in Practice*. INRA, Paris, 101-118 pp.
- **McCallum, I., Newell, W., Cruz, L.E., Rique, M.D., Tapia, S.M., Davis, A., Thiessen, D., Campbell, L., Meyer, A.O., Phillips, C., y Hickling, D. (2000).**

- Uso de arvejón (feed pea, chícharo) *Pisum sativum* en alimentos para camarones (*Litopenaeus stylirostris* y *L. vannamei*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*). In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cevedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- **Molina, C., Cadena, E., y Orellana F. (2000).** Alimentación de camarones en relación a la actividad enzimática como una respuesta natural al ritmo circadiano y ciclo de muda. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cevedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
 - **Montoya, N., Uyaguari, M., y Sotomayor, M. (2003).** Acumulación de antibióticos y su efecto ante la comunidad bacteriana presente en sedimentos de piscinas camaroneras. Panorama Acuícola Magazine. Vol. 8, No. 3, Marzo/Abril 2003.
 - **Moore, D. W. & Brand, C. W. (1993).** The culture of marine shrimp in controlled environment super-intensive systems. En: McVey, J.P. (Ed) CRC Handbook of mariculture. Crustacean Aquaculture. 2da. Ed., Vol. 1. 315-348pp.
 - **Moss, S.M., Pruder, G.M., Leber, K.M y Wyban, J.A. (1992).** The relative enhancement of *Penaeus vannamei* growth by selected fractions of shrimp pond water. Aquaculture, 101: 229-239 pp.

- **Paniagua-Michel, J. and Liñán-Cabello, M. (2000).** Carotenoids and retinoids metabolites as precursors of receptors-specific bioactive compounds. Advances in shrimp. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cavedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- **Paredes-Escalona, E. (1999).** *Gracilaria pacifica* Abbot (Rhodophyta) como biofiltro en el cultivo semi – intensivo con dos especies de camaron *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. 42 pp
- **Pascual, F.P. (1989).** Feeding and nutrition. En: Pascual, F.P (Ed.). Nutrition and feeding of *Penaeus monodon*. Aquaculture Department Southeast Asian Fisheries Development Center. 3th. Edition. 1-25 pp
- **Patterson, G.M.L. (1996).** Biotechnological Applications of Cyanobacteria. Journal of Scientific & Industrial Research., Vol. 55, pp 669-684
- **Rathore, D.S., Kumar, A. y Kumar H.D. (1993).** Lipid profiles of three microalgae., *Phykos* 32(1&2): p1-8.
- **Ponce-Palafox, J., C. A. Martínez-Palacios y L. G. Ross. 1997.** The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp *Penaeus vannamei* Boone 1931. *Aquaculture*. 157: 107-115 p.
- **Rodriguez, J., Cedeño, R., Molina, C., Otero, V., Valenzuela, E., y Sotomayor, M.A. (2000).** Efecto de la calidad de la dieta sobre la respuesta

inmune del camarón *Penaeus vannamei*. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cevedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.

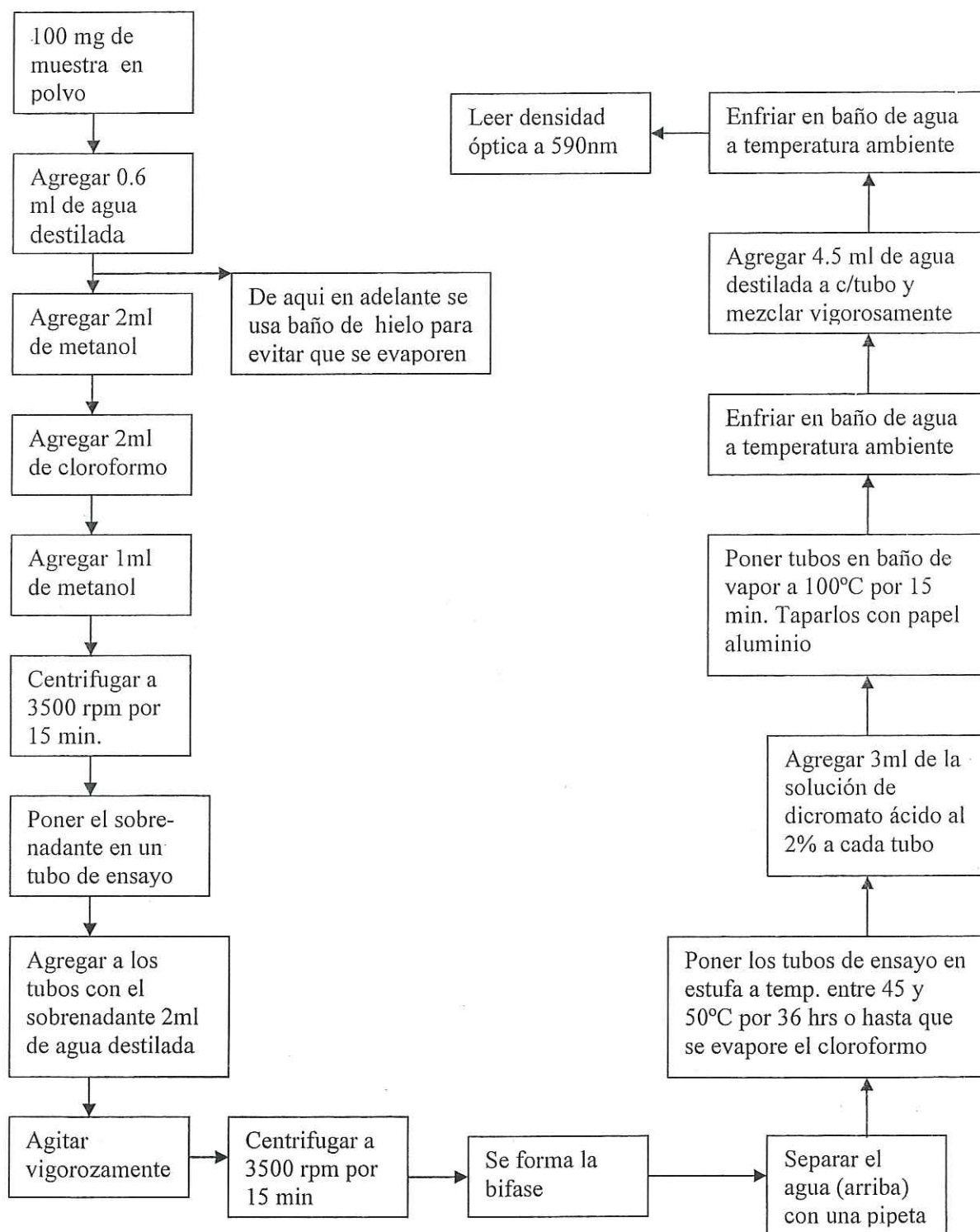
- **Rosas, C., Guzón, G., Gaxiola, G., Pascual, C., Brito, R., Chimal, M.E., y VanWorhoudt, A. (2000).** El metabolismo de los carbohidratos de *Litopenaeus setiferus*, *L. vannamei* y *L. stylirostris*. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cevedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- **Rosenberry, R. 1994.** World shrimp farming 1993. Aquaculture Digest, San Diego, USA. 52 pp.
- **Sallal, A.K., Nimer, N.A. y Radwan, S.S. (1990)** Lipid and fatty acid composition of freshwater cyanobacteria. SGM. Pp 2043-2048
- **Treece, G. D. 2000.** Shrimp culture. En: Stickney, R. R. (ed). Encyclopedia of acuaculture. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA, 798-868 p.
- **Vasconcelos, V., Oliveria, S., y Teles, F.O. (2001)** Impact of a toxic and no toxic strain of *Micorcystis aeruginosa* on the crayfish *Procambus clarkii*. Toxicon. Oct; 39 (10): 1461-70
- **Vega, V.F., Nolasco, S.H., Civera, C.R., González, V.R., y Oliva, S.M. (2000).** Alternativa para la alimentación del camarón en cultivo: el manejo de la muda. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A.

y Civera-Cevedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.

- **Velasco, M., Lawrence, A.L., Castille, F.L., y Obaldo, L.G. (2000).** Dietary protein requirement for *Litopenaeus vannamei*. In: Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cevedo, R. (eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- **Viana, T. 1997.** Empleo de proteínas no convencionales. Utilización de subproductos de la pesca. En: Memorias del curso internacional de nutrición de organismos acuáticos. Asociación mexicana de especialistas en nutrición animal, A.C. 79-84 p.p.
- **Wyban, J., W. A. Walsh y D. M. Godin. 1995.** Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture. 138: 267-279 p.

ANEXOS

DETERMINACION DE LIPIDOS (METODO DE BLIGHT Y DYER)



DETERMINACION DE PROTEINAS (METODO DE LOWRY et al.)

