

Efecto del perifiton fijado a sustratos artificiales sobre la producción de *Penaeus vannamei* en cultivo semi-intensivo

David E. Saldarriaga Y. y Adán Alvarado B.⁶

Introducción

En el cultivo de peneidos, la alimentación balanceada representa el mayor costo de producción, este puede variar entre 28% y 50%, y parte de la inversión en estas dietas artificiales puede ser perdida debido a una inadecuada formulación o debido a la baja asimilación. Las partículas de alimento no ingerido y/o no asimilado producen un exceso de materia orgánica que al degradarse forman compuestos como amonio, fosfatos, sulfuros, ácidos orgánicos que generan efluentes excesivamente cargados de nutrientes los cuales causan la eutrofización de las aguas receptoras.

En contraste, varios estudios han indicado que los organismos de la productividad acuática natural son de gran valor alimenticio y nutritivo para las especies en cultivo, especialmente para los del género *Penaeus* por sus hábitos alimenticios, esto podría reducir significativamente los costos de producción y los riesgos de contaminación del agua debido al uso inadecuado de dietas artificiales.

En este contexto, surge la necesidad de poner en práctica técnicas que aumenten la producción natural de las aguas de cultivo, con el mínimo impacto sobre el ambiente, por lo que Azim (*et al.* 2001) ha introducido la idea de “acuicultura basada en sustratos” (Domingos, 2003).

Los sustratos artificiales constituyen una superficie adicional para incrementar la producción natural del agua de los estanques a través de la fijación de perifiton o *biofilm* los que proveen de un alimento natural suplementario para los cultivos, permitiendo aumentar la capacidad de carga de estos sistemas, mejorando su producción y productividad a menores costos. Así mismo, los organismos del perifiton *biofiltran* el agua de cultivo generando efluentes más limpios y de mínimo impacto sobre los ecosistemas exteriores a los sistemas de cultivo.

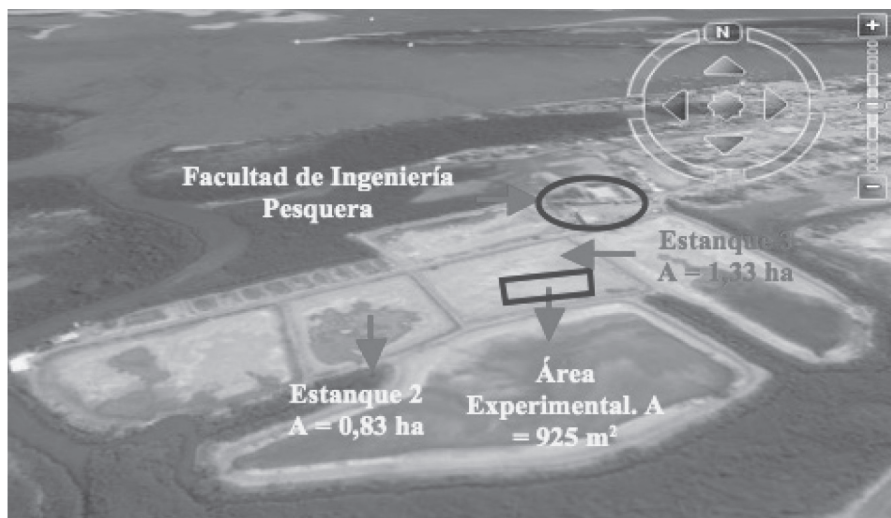
En este sentido, la presente investigación evaluó el efecto del perifiton o *biofilm* fijado a sustratos artificiales verticales sobre el crecimiento, supervivencia, biomasa y factor de conversión alimenticio de *P.vannamei* cultivado en un sistema semi-intensivo.

6 Universidad Nacional de Tumbes-Perú.

Metodología

La investigación se desarrolló en un periodo de cultivo de 97 días, en un estanque de cultivo semi-intensivo del Centro de Producción Acuícola de la Facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Nacional de Tumbes, ubicada en la localidad de Puerto Pizarro, distrito, provincia y departamento de Tumbes (figura 1).

Figura 1
Centro de producción acuícola y estanque experimental



Preparación y diseño del experimento

El estanque 3 (1.33 ha) utilizado fue secado al aire libre y abonado con estiércol de ganado vacuno a razón de 2 t/ha. Como unidades experimentales se utilizaron 16 rediles de 5 m x 3 m x 2 m sustentados con bambú, cercados con celosía (2.5 mm de abertura de malla, figura 2).

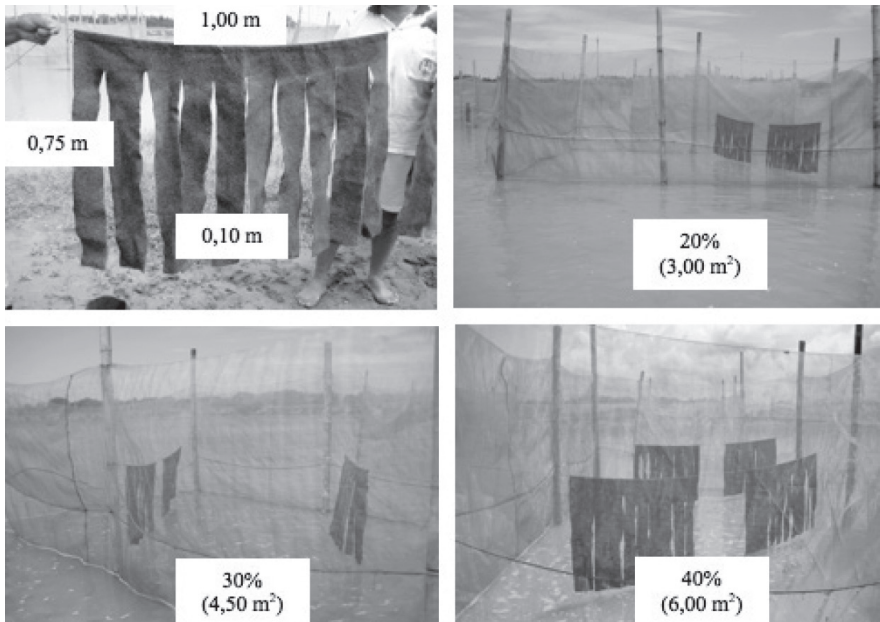
El material de los substratos artificiales verticales tuvo las siguientes características: polietileno, color gris, alta superficie específica, resistencia al agua, resistencia a la tracción mecánica, mayor densidad que el agua, lavable y reutilizable. Los módulos se construyeron manualmente y se instalaron en forma de espineles con fajas de cortinas cortadas en franjas de 0.10 m, suspendidos de una línea. Cada módulo de substrato fue de 1.00 m de ancho por 0.75 m de altura, fijos a soportes verticales que le dieron la posición vertical (figura 3).

Estos substratos, con respecto al área del fondo de cada redil, ocuparon una área de 20% (2 módulos), 30% (3 módulos) y 40% (4 módulos), con cuatro repeticiones (figura 3). Se incluyeron cuatro unidades experimentales sin substrato artificiales denominados Control. Fueron instalados tres semanas antes de la siembra del estanque 3 para que el perifiton o *biofilm* se desarrolle en cada substrato y los juveniles de *P.vannamei* dispongan de este alimento natural desde el inicio del cultivo. Luego de siete días el estanque fue llenado.

Figura 2
Construcción e instalación de unidades experimentales



Figura 3
Dimensiones e instalación de substratos verticales



Manejo del cultivo

Las poslarvas de *P.vannamei* se mantuvieron en precría y después de 30 días que alcanzaron 0.75 g de peso promedio se transfirieron 6000 juveniles que se distribuyeron al azar en 16 rediles a la densidad de 25 ind./m². Durante el cultivo, la productividad natural del agua del estanque fue estimulada a necesidad utilizando nitrato sódico potásico y fosfato diamónico a razón de 60 kg/ha mensual del primero, guardando una relación nitrógeno fósforo de 10/1. Los parámetros de calidad de agua fueron monitoreados en el centro del estanque, de acuerdo a la tabla 1.

Tabla 1
Monitoreo de parámetros de calidad de agua en el experimento

Parámetro	Horario	Instrumento	Precisión
Temperatura (° C)*	6:00/18:00	Termómetro	0.01° C
Transparencia (m)*	12:00	Disco de Secchi	0.01 m
Salinidad (‰)**	12:00	Refractómetro	1‰

*: Monitoreo diario, **: Monitoreo semanal

El control de crecimiento semanal se extrajo una muestra de 50 ejemplares cuyo peso individual se determinó por el método Volumétrico y el peso promedio se calculó en la siguiente fórmula (Saldarriaga 1995):

$$P_m = \left[\frac{\sum (v_i * f_i)}{n} \right] * 1,03$$

Donde:

P_m = peso promedio (g)

V_i = volumen desplazado por ejemplar (mL)

f_i = frecuencias observadas

n = número de ejemplares muestreados

1.03 = factor de corrección (g/mL)

La supervivencia se estimó de acuerdo a la experiencia y al final se obtuvo el verdadero valor. Luego con este dato se hizo la interpolación lineal, con la cual se construyeron las líneas de supervivencia.

Para el cálculo de la biomasa final se aplicó la siguiente fórmula (Saldarriaga 1995):

$$B = \frac{W_x * S * N_e}{100}$$

Donde:

B = biomasa final (kg)

W_x = peso promedio final (kg)

S = supervivencia (%)

N_0 = población inicial

El alimento balanceado se aplicó a las 7:00 horas, por el método de comederos (un comedero de 0.40 m de diámetro por cada redil), utilizando un balanceado comercial de 28% de proteína. La ración se ajustó de acuerdo al consumo diario y el factor de conversión alimenticio se calculó por la fórmula de Huet 1978:

$$\text{F.C.R.} = \frac{Q_A}{\Delta B}$$

Donde:

FCR = Factor de Conversión Relativo

Q_A = cantidad de alimento suministrado (kg)

DB = incremento en la biomasa (kg)

Los ejemplares de cada redil fueron cosechados utilizando una atarraya, antes del secado total del estanque. Durante este proceso fueron pesados con una balanza de platillos y contabilizados para obtener el peso y supervivencia final.

Análisis cualitativo de perifiton

El perifiton fijado a los substratos artificiales verticales, fueron extraídos con una lámina porta objeto, recogidos en placas Petri y refrigerados a 5° C. La observación se hizo al día siguiente a 100X. La identificación de los géneros más importantes se realizó con la clave de Botes (2001) y Santander (1981). Esta actividad se realizó cada 15 días de cultivo.

Análisis del experimento

Se utilizó el diseño experimental "estímulo creciente" (Alvitres, 2000). Para determinar la diferencia entre el crecimiento, supervivencia, biomasa y factor de conversión alimenticio de *P.vannamei* se utilizó el Análisis de Varianza (ANVA) del diseño en bloques completos al azar y prueba de Tuckey (Calzada, 1982). Todas las pruebas se realizaron a un nivel de seguridad de 95%.

Resultados

Supervivencia

La supervivencia de *P.vannamei* (tabla 2) varió entre 76.53% ± 7.99% (30% de substratos) a 63.20% ± 9.51% (20% de substratos) y fueron significativamente mayores a la supervivencia de los langostinos que fueron alimentados con balanceado y no tuvieron substratos artificiales, consistente en 55.00% ± 7.39% (figura 4).

Tabla 2
Parámetros de producción promedio de *Penaeus vannamei* cultivado con sustratos verticales en sistema semi-intensivo

Semana	Área de sustratos artificiales (%)			
	Sin sustratos	20	30	40
Supervivencia (%)	55.00	63.20	76.53	67.33
	± 7.39	± 9.51	± 7.99	± 7.06
Crecimiento (g)	15.44	15.80	13.38	13.91
	± 0.35	± 0.64	± 0.45	± 0.96
Biomasa (kg)	3.19	3.74	3.84	3.51
	± 0.47	± 0.45	± 0.42	± 0.42
FCR	1.39	1.04	1.12	1.09
	± 0.14	± 0.08	± 0.30	± 0.36

Crecimiento

El crecimiento de *Pvannamei* alimentados con perifiton fijado a los sustratos artificiales (Tabla 2) al 30% fue 13.38 g ± 0.45 g y al 40%, fue 13.91 g ± 0.96 g, fueron significativamente menores a los pesos alcanzados por aquellos que tuvieron acceso a los sustratos de 20% que fue de 15.80 g ± 0.64 g y a los que estuvieron en el tratamiento control, de 15.44 g ± 0.35 g (figura 5).

Figura 4
Supervivencia promedio de *Pvannamei* cultivado con perifiton fijado a sustratos artificiales verticales

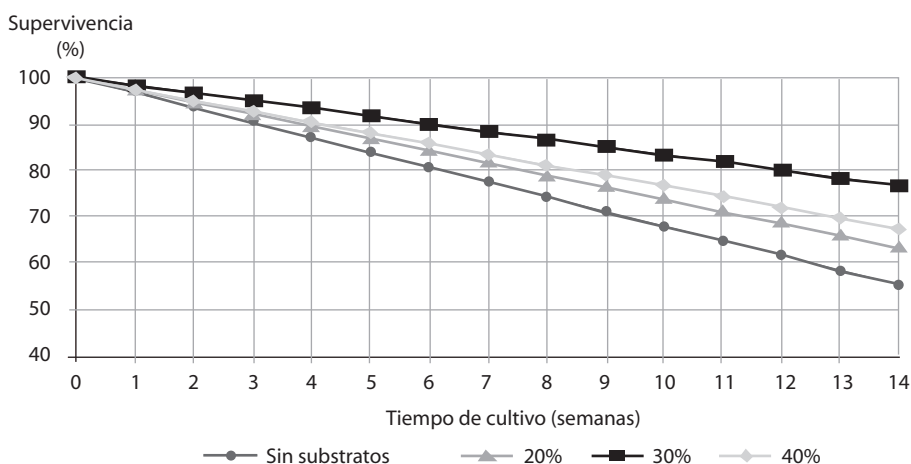
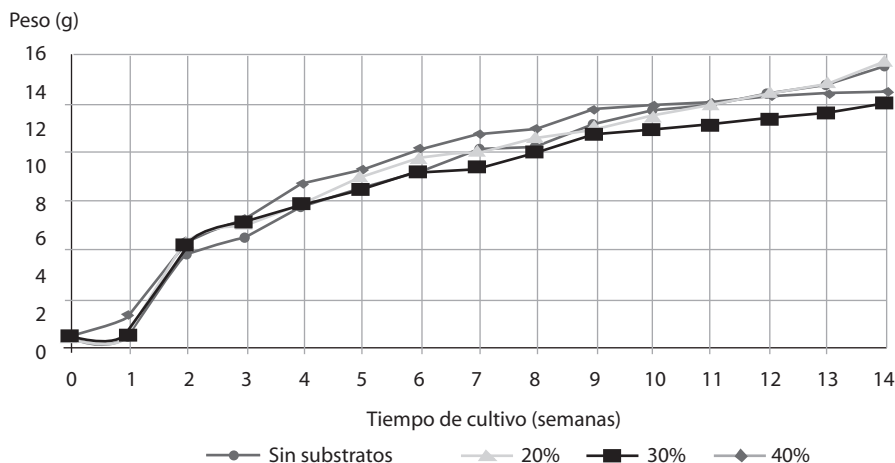


Figura 5
Crecimiento promedio de *P.vannamei* cultivado con perifiton fijado a sustratos artificiales verticales



Biomasa

El perifiton fijado a los sustratos artificiales no afectó significativamente la biomasa final (tabla 2), obteniéndose el rango de $3.84 \text{ kg} \pm 0.42 \text{ kg}$ (30% de sustratos artificiales) y $3.19 \text{ kg} \pm 0.47 \text{ kg}$ (sin sustratos artificiales).

Factor de Conversión Relativo (FCR)

El FCR (tabla 2) de los langostinos con acceso al perifiton de los sustratos artificiales variaron de 1.04 ± 0.08 a 1.13 ± 0.3 y fueron significativamente menores al FCR de los langostinos que no tuvieron acceso a estos sustratos que fue 1.39 ± 0.14 .

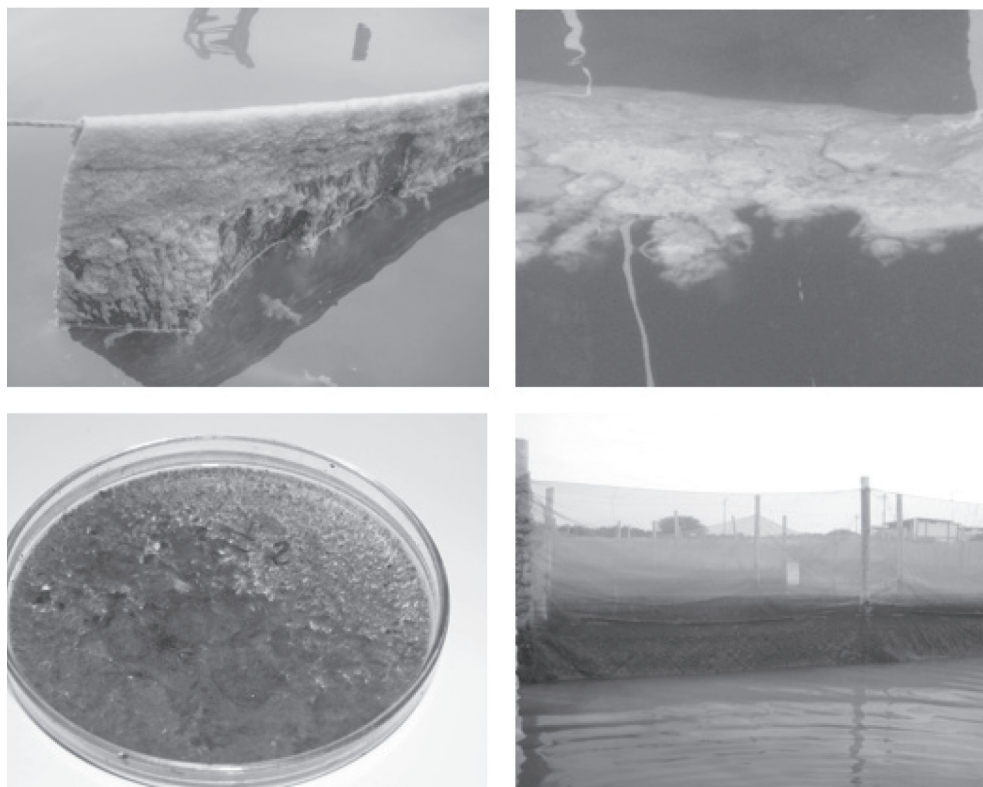
Análisis cualitativo de perifiton

Los géneros del perifiton encontrados fueron:

- Diatomeas: *Gyrosigma*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Dictyocha*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Diploneis*, *Pinnularia*, *Synedra*, *Furstulia* y *Amphipleura*
- Cianofitas: *Oscillatoria* y *Spirulina*
- Dinoflagelados: *Prorocentrum*, *Dinophysi* y *Protopeiridium*
- Zooplancton: copépodos (*Macrocyclops*), nemátodos (*Panagrellus*), ciliados (*Amphiscolops*) crustáceos (*Gammarus*), oligoquetos y poliquetos (no identificados)

En la figura 6, se observa el perifiton fijado a los sustratos artificiales y rediles y en la figura 7 se reportan las principales especies de fitoplancton y zooplancton encontrados en los sustratos artificiales durante la investigación.

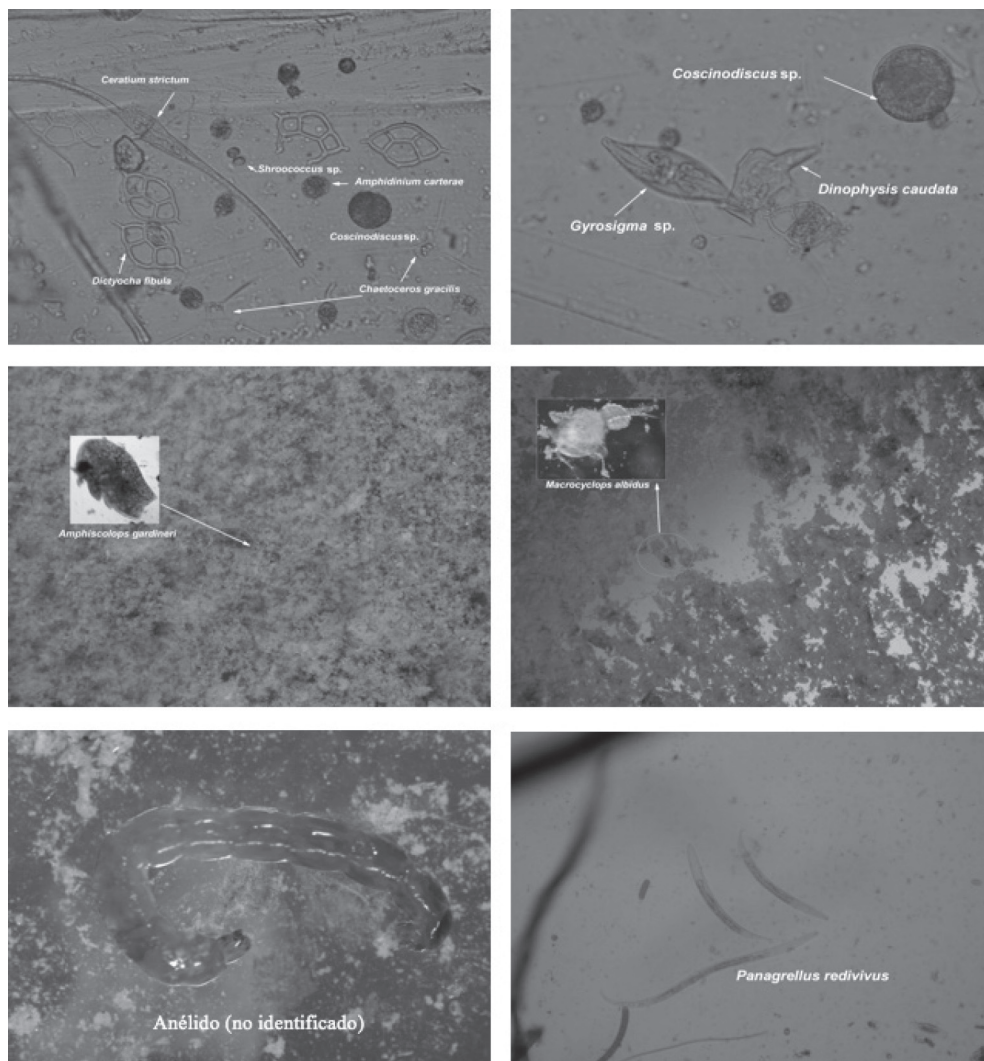
Figura 6
Perifiton fijado a los sustratos artificiales y al redil



Monitoreo de calidad de agua

La temperatura promedio entre las 6:00 horas y 18:00 horas varió de 27.99° C a 29.88° C. La transparencia promedio semanal se mantuvo entre 45.00 cm y 32.29 cm, con un promedio final de 36.93 cm. La salinidad varió entre 34 ‰ a 36 ‰ con un promedio de 35.20 ‰.

Figura 7
Organismos del perifiton fijado a los substratos artificiales y al redil



Discusión

La transferencia de juveniles (0.75 g) de *Pvannamei* desde un estanque de precría, tiene el riesgo de someter a los individuos a un estado de estrés que conlleva a un alto gasto energético en el momento de la cosecha, la transferencia y adaptación a las nuevas condiciones ambientales del nuevo estanque de engorde que puede tardar una o dos semanas, este proceso puede dar como resultados altas mortalidades de los individuos más débiles, pero, tiene la ventaja de que hay una inherente selección. Por estas razones, es posible que

en las primeras semanas de esta investigación ocurriera la mayor mortalidad en todos los tratamientos, que se reflejó en los resultados finales de la investigación, cuando la supervivencia obtenida en los tratamientos con substratos artificiales superó significativamente en 14% a la supervivencia del tratamiento sin estos substratos.

Esto sugiere que en los tratamientos con substratos artificiales, el perifiton contribuyó en la recuperación energética de los individuos recién transferidos, debido a su alta calidad nutricional, además del efecto no nutricional, al proveer un refugio para los ejemplares pequeños, minimizando el canibalismo y la mortalidad en comparación con los individuos cultivados sin substratos artificiales.

Este resultado es similar a los obtenidos por Díaz y Maldonado (2008), Martínez (*et al.* 2004), Domingos (2003) y Cortéz (2001), que en trabajos realizados en estanques al aire libre, reportaron mayor supervivencia de 12%, 22% y 23%, respectivamente, cuando se utilizaron substratos artificiales frente al tratamiento sin substratos artificiales. Sin embargo, no coinciden con investigaciones realizadas en condiciones de laboratorio, por Otoshi (*et al.* 2006) quienes reportaron que la supervivencia de *P.vannamei* fue alta, entre 100% a 94%, significativamente iguales, cuando se cultivaron con y sin substratos artificiales. Del mismo modo, Ballester (*et al.* 2003), para la etapa de precría de *F.paulensis* reportaron supervivencias entre 100% a 82.58%, sugiriendo que en esta etapa del cultivo utilizando substratos artificiales las supervivencias son altas y similares. Estos resultados se deben a que en estos sistemas se ejerce mayor control sobre las variables de calidad de agua y aplicación de alimento balanceado, lo que minimiza el factor de estrés y mortalidad.

En cuanto al crecimiento, no está claro que fue mejorado por la utilización de substratos artificiales, dado que en el tratamiento con 20%, el crecimiento fue significativamente igual al tratamiento sin substratos artificiales, pero fueron significativamente mayores en 12% al crecimiento obtenido en los tratamientos con 30% y 40% de substratos artificiales. Estas diferencias se atribuyen a que la menor supervivencia obtenida en los dos primeros tratamientos se constituyó en una menor población y por tanto un mayor crecimiento, generado por la menor competencia intrínseca de las especies en cultivo.

Los resultados obtenidos con 20% de substratos artificiales coinciden con los obtenidos por Domingos (2003) que no encontró diferencias significativas en el crecimiento (10.21 g) en el mejor tratamiento de 15% de substratos artificiales y el crecimiento (10.93 g) obtenido sin substratos artificiales, posiblemente porque *P.vannamei* dispuso de similar cantidad y calidad de alimento natural (diatomeas y nemátodos) y alimento balanceado (en ambos tratamientos en cada experimento) que fue suficiente para atender la demanda proteica y/o energética de los individuos (Da Silva *et al.*, 2008; Ballester *et al.*, 2007), a la densidad de cultivo de ese momento, ya que de acuerdo con Abreu (*et al.* 2007), el langostino, debido a su digestibilidad diferencial ingiere selectivamente algunos microorganismos del perifiton o asimila diferencialmente compuestos específicos del alimento artificial en presencia de alimento natural.

Pero, estos resultados son contrarios a los obtenidos por Díaz y Maldonado (2008) quienes obtuvieron un crecimiento 13% mayor en el tratamiento con substratos artificiales, diferencia que puede atribuirse a las mejores condiciones de calidad agua que estos autores

manejaron, reflejada en la transparencia de 0.21 m en comparación con 0.37 m observado en esta investigación.

El efecto del perifiton sobre la calidad de agua de cultivo, también fue verificada por Thompson (*et al.* 2002) citado por Ballester (*et al.* 2003), en tanques de larvicultura de *Fpaulensis* con biofilme, encontrando diferencias significativas entre el crecimiento de juveniles de esta especie a favor de los cultivados en presencia de biofilme. Del mismo modo, Cortéz (2001) trabajando en un sistema de cultivo intensivo al aire libre con aireación mecánica, reportó que el crecimiento de *Pvannamei* fue mejorado cuando utilizó substratos artificiales al obtener una mínima diferencia menor de 0.15 g cuando utilizó substratos artificiales en un estanque a 60 ind./m² frente al estanque en que no se usaron pero a 40 ind./m².

Tendencia que también fue encontrada por Ootshi (*et al.* 2006) Martínez (*et al.* 2004), Moss y Moss (2004) y Bratvold y Browdy (2001), quienes reportaron que para *P.vannamei* obtuvieron, un peso promedio final mayor en 27%; 28%; 26%, 17.4%, 34.5% y 28-37%, respectivamente, en el tratamiento con substratos artificiales frente al tratamiento sin estos. Del mismo modo, Ballester (*et al.* 2007) observaron que *F paulensis* cultivado en rediles con substratos artificiales alcanzó un peso mayor en 10.70% en comparación a los cultivados sin substratos artificiales.

En consecuencia, al evaluar el efecto del perifiton sobre la biomasa final de *P.vannamei*, se encontró una ventaja no significativa de 16% a favor del tratamiento con substratos artificiales. Esta tendencia, también fue reportada por Díaz y Maldonado (2008), Domingos (2003) y Martínez (*et al.* 2004) quienes obtuvieron ventajas significativas de 25%, 23% y 58%, respectivamente, en la biomasa de *P.vannamei* cuando fue cultivado con substratos artificiales frente al cultivo sin estos.

Los índices del FCR obtenidos entre 1.04 y 1.13 (20% y 30% de substratos artificiales, respectivamente) se pueden considerar como altos si se considera que, según los hábitos alimenticios de *P.vannamei* y en concordancia con la teoría de que la disponibilidad de alimento natural como el perifiton fijado a los substratos artificiales deberían contribuir a la menor demanda de alimento balanceado y conversión alimenticia (Bratvold y Browdy 2001 y Vinatea 2006), Díaz y Maldonado (2008) obtuvieron menores índices de FCR consistentes en 0.58 a 0.49, lo que en este caso significó un aporte de alimento natural para crecimiento entre 42% a 51%.

Teniendo en cuenta que la calidad del perifiton en ambas investigaciones fue similar, esta diferencia se debió a dos factores alimenticios:

1. En esta investigación se aplicó una frecuencia de alimentación por la mañana mientras en la otra se aplicaron dos frecuencias (en la mañana y en la tarde) optimizando el aprovechamiento del balanceado.
2. Se utilizó alimento balanceado de 28% de proteínas mientras que los autores indicados utilizaron un balanceado de 35% de proteína, que adicionado al perifiton con predominancia de diatomeas (Da Silva *et al.* 2008) fue capaz de satisfacer la demanda proteica y energética de *P.vannamei*.

Esto indica que 30% y 40% de substratos artificiales pueden ser una excesiva superficie para el crecimiento de perifiton proporcionando una excesiva disponibilidad de alimento natural para *P.vannamei* que conllevó a una conducta de no aprovechamiento máximo del alimento disponible. Esto resultó en un desperdicio del alimento balanceado que fue consumido parcialmente, acarreado y desperdiciado fuera del comedero por los langostinos, razón por la cual no fue posible cuantificarlo. Asimismo, se observó la formación de una capa gruesa de perifiton (1 cm a 2 cm, aproximadamente) que fue contraproducente según Keshavanath (*et al.* 2001), quien indica que cuando la especie en cultivo consume perifiton constantemente, este se encuentra en crecimiento exponencial, pero cuando hay exceso se auto limita el paso de luz en el agua provocando su envejecimiento, mortalidad y disminución de la calidad nutricional.

El consumo de perifiton fijado a la red del redil con el tiempo de cultivo, también afectó el FCR del tratamiento sin substratos artificiales obteniéndose un alto valor de 1.39. Esto confirmó que los substratos artificiales proveen de una alta superficie adicional sobre la cual los langostinos pueden proveerse de alimento natural suplementario y que, en general, la estrategia de alimentación debió contemplar un mayor control del suministro del alimento balanceado en más de una frecuencia para optimizar la eficiencia el consumo y conversión en biomasa.

No obstante, los valores en el FCR obtenidos, estuvieron dentro del rango de 1.00 a 1.50 para langostinos en cultivo semi-intensivo, sugerido por Clifford (1992) pero cuando la alimentación del langostino depende solo de alimento balanceado.

En cuanto a la calidad de la producción natural de los substratos artificiales, se encontraron diatomeas, cianofitas filamentosas, copépodos, anélidos, nemátodos, otros pequeños crustáceos y *flocs* bacterianos, definidos por Ramesh (*et al.* 1999) como microorganismos del perifiton. Similarmente, estos géneros también fueron encontrados por Díaz y Maldonado (2008), Ballester (*et al.* 2007), Domingos (2003) y Cortéz (2001), observándose que los langostinos se alimentaban constantemente sobre los substratos artificiales coincidiendo con Saldarriaga (2000) quien señala que estos microorganismos constituyen el alimento natural o *biodiet* de los langostinos en cultivo.

Desde el punto de vista nutricional, Da Silva (*et al.* 2008), considera que es muy probable que las diatomeas constituyan el mayor contenido proteínico en los primeros días del cultivo, mientras que los nemátodos representan la fuente principal de proteína después de alcanzar la abundancia más alta en el biofilme al final del cultivo. Ballester (*et al.* 2007), indica que los protozoarios y nemátodos, tienen una alta tasa de energía proteica, gracias a su facilidad para sintetizar largas cadenas poliinsaturadas de ácidos grasos, enriqueciendo la calidad de agregados microbianos del perifiton.

Según Avnimelech (2000) en Ballester (*et al.* 2003) los complejos bacterianos convierten el nitrógeno inorgánico presente en agua y los ponen a disposición en una forma de proteína microbiana que es ingerida por los organismos cultivados aumentando la eficiencia de conversión proteica y economizando el alimento ofrecido y Buford (*et al.* 2005) afirma que los *flocs* bacterianos contribuyen sustancialmente a la nutrición del langostino sin importar la talla.

Del mismo modo, Thompson (*et al.* 2002) en Da Silva (*et al.* 2008), determinaron que los microorganismos del biofilme representan una fuente complementaria de alimento, proporcionando los elementos esenciales de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), esteroides, aminoácidos, vitaminas y pigmentos que ayudan a un mejor desarrollo de organismos cultivados.

En cuanto a la calidad del agua, se encontró que los parámetros físicos y químicos evaluados durante el experimento estuvieron dentro de los rangos recomendados para el cultivo de *P.vannamei*. Aunque no se manifestaron problemas sensibles en el manejo de la calidad de agua a excepción de un evento de marea roja sin trascendencia, la rápida acumulación de perifiton en la malla del redil dificultó la circulación de agua en el interior.

La transparencia mostró una buena productividad natural del estanque de cultivo, manteniéndose en el rango de 0.45 m a 0.32 m, que estuvo dentro del rango de 0.30 m a 0.40 m referido por Saldarriaga (1995) para un sistema de cultivo semi-intensivo de *P.vannamei* sin substratos artificiales. Del mismo modo, la temperatura promedio de 27.99° C (6:00 horas) a 29.88° C (18:00 horas) estuvieron en el rango de 23° C a 28° C sugeridos por Van Wik (*et al.* 1999) para el cultivo de *P.vannamei*, asimismo la salinidad promedio de 35.20‰ estuvo dentro del requerimiento de esta especie (0.5‰ a 35‰) según este autor.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación indican que la supervivencia de juveniles *P.vannamei* mejoró significativamente en 14% por el consumo de perifiton fijado a los substratos artificiales.

El crecimiento de los juveniles de *P.vannamei* que consumieron perifiton en los substratos artificiales al 20%, fue significativamente igual al crecimiento obtenido en el tratamiento sin substratos artificiales, pero significativamente mayores en 12% al crecimiento obtenido en los tratamientos con 30% y 40% de substratos artificiales.

La biomasa de juveniles de *P.vannamei* que consumieron perifiton fijado a substratos artificiales tuvieron una ventaja no significativa de 16% sobre aquellos cultivados sin estos substratos artificiales.

El Factor de Conversión Relativo obtenido por *P.vannamei* cultivados con 20% y 30% de substratos artificiales fue 25% a 19% menor al obtenido en el tratamiento sin substratos artificiales.

Los tratamientos de 30% y 40% de substratos artificiales probablemente proporcionaron una excesiva disponibilidad de alimento natural para *P.vannamei*, limitando su consumo a ítems poco nutritivos.

La composición de la comunidad de microorganismos del perifiton influyó en la calidad alimenticia de *P.vannamei* y su adecuado manejo contribuirá significativamente a reducir los costos de alimentación balanceada en el cultivo comercial.

Los mejores resultados de crecimiento, biomasa y FCR se obtuvieron en el tratamiento con 20% de substratos artificiales verticales.

Referencias

- Abreu, P.C., Ballester, E. L. C., Odebrecht, C., Wasielesky Jr., W., Cavalli, R. O., Granéli, W. y Anesio, A. M.
2007 "Importance of Biofilm as Food Source for Shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) Evaluated by Stable Isotopes". (13C y 15N). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 347: 88-96.
- Alvitres, V.
2000 *Método científico. Planificación de la investigación*. Chiclayo, Perú: Ciencia.
- Azim, M. E., Wahab, M. A., Van Dam, A. A., Beveridge, M. C., Milstein, A. y Verdegem, M. C.
2001 "Optimization of Fertilization Rate for Maximizing Periphyton Production on Artificial Substrates and the Implications for Periphyton-based Aquaculture". *Aquaculture Research*. 32: 749-760.
- Ballester, E. L. C., Wasielesky Jr., W., Cavalli, R. O., Santos, M. H. S. y Abreu, P.C.
2003 "Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário". *Atlântica, Rio Grande*. 25(2): 117-122.
- Ballester, E. L. C., Wasielesky Jr., W., Cavalli, R. O. y Abreu, P.C.
2007 "Nursery of the Pink Shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in Cages With Artificial Substrates: Biofilm Composition and Shrimp Performance". *Aquaculture*. 269: 355-362.
- Botes, L.
2001 *Phytoplankton. Identification catalogue Saldanha Bay, South Africa*. Recuperado el 7 de junio de 2008. <http://globallast.imo.org>
- Bratvold, D. y C. L. Browdy
2001 "Effects of Sand Sediment and Vertical Surfaces (AquaMats™) on Production, Water Quality, and Microbial Ecology in an Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture System". *Aquaculture*. 195: 81-94.
- Buford, M. A., Thompson, P., Mc Intosh, Bauman, R. R.
2005 "¿Cuán efectiva es la comunidad microbiana en sistemas intensivos de cultivo de camarón para mejorar la eficiencia de la producción? VIII Congreso Ecuatoriano de Acuicultura". *Revista de Resúmenes*, p. 78-81.
- Calzada, J.
1982 *Métodos estadísticos para la investigación*. Lima: Milagros.
- Clifford, H.
1992 "Manejo de estanque de camarón marino: una revisión". En: Wyban, J. (ed). *Proceedings of the special session on shrimp farming*. Baton Rouge, Los Angeles: *World Aquaculture Society*, p. 247.
- Cortéz, F.
2001 "Cultivo de langostino en sistemas de bajo o cero recambio. Langostinera Isla Bella". Tumbes: Conferencia de Reunión Técnica de la Asociación de Langostineras Peruanas: CD-ROM.
- Da Silva, F.C., Ballester, E., J. Monserrat, L. Geracitan, W. Wasielesky Jr. y P.C. Abreu
2008 "Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents". *Aquaculture Nutrition*, p. 1-8.
- Díaz, R. J. L. y Maldonado, E. R.
2008 "Uso de substratos artificiales verticales en la producción de *Penaeus vannamei* cultivado en sistema semi-intensivo". Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ingeniería Pesquera. Perú.

- Domingos, J.
 2003 “Efeito do uso de diferentes quantidades de substratos artificiais na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), em um sistema de cultivo semi-intensivo”. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Aqüicultura. Brasil.
- Huet, M.
 1978 *Tratado de piscicultura*. Madrid: Mundi Prensa.
- Keshavanath, P., Gangadhar, B., Ramesh, T. J., van Rooij, J. M., Beveridge, M. C. M., Baird, D. J., Verdegem, M. C. J. y Van Dam, A. A.
 2001 “Use of artificial substrates to enhance production of freshwater herbivorous fish in pond culture”. *Aquaculture Research*. 32: 189-197.
- Martínez, L., Campaña, A. y Martínez, M.
 2004 “Manejo de la productividad natural en el cultivo del langostino”. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque Marie, D., Nieto López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. *Avances en Nutrición Acuicola VII*. Hermosillo, Sonora, México: *Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuicola*, p. 16-19.
- Moss, K. R. K. y Moss, S. M.
 2004 “Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*”. *Journal of the World Aquaculture Society*. 35: 536-542.
- Otoshi, C. A., Montgomery, A. D., Matsuda, E. M. y Moss, S. M.
 2006 “Effects of artificial substrate and water source on grow of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*”. *Journal of the World Aquaculture Society*. 37(2): 210-213.
- Ramesh, M. R., Shankar, K. M., Mohan, C. V. y Varghese, T. J.
 1999 “Comparison of three plant substrates for enhancing carp growth through bacterial bio-film”. *Aquacultural Engineering*. 19: 119-131.
- Saldarriaga, D.
 1995 *Acondicionamiento y manejo de estanques de langostino*. Separata instructiva. Tumbes, Perú: Universidad Nacional de Tumbes. Facultad de Ingeniería Pesquera. Departamento Académico de Acuicultura.
 2000 *Nutrición natural de crustáceos. Materia: Nutrición II*. Guayaquil Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Sistema de Posgrado. Maestría en Camarones.
- Santander, H.
 1981 “Catálogo de zooplancton del mar peruano”. Pisco-San Juan. *Boletín Instituto del Mar del Perú*.
- Van Wik, P., Davis-Hodgkins, M., Laramore, R., Main, K. L., Mountain, J. y Scarpa, J.
 1999 *Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems*. Florida, USA: Harbor Branch Oceanographic Institution, p. 125-140.
- Vinatea, L.
 2006 *Microbiología aplicada al cultivo de langostinos*. Tumbes: Conferencia de Nicovita-Alicorp: CD-ROM.