

**EFFECTO DE TRES DIFERENTES ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN
SOBRE EL FITOPLANCTON, ZOOPLANCTON Y BENTOS EN
ESTANQUES DE CULTIVO DE CAMARÓN CAFÉ
Penaeus californiensis (HOLMES 1900)**

**EFFECT OF THREE DIFFERENT FEEDING STRATEGIES ON
PHYTOPLANKTON, ZOOPLANKTON AND BENTHOS IN
PACIFIC BROWN SHRIMP *Penaeus californiensis* (HOLMES 1900)
FARMING PONDS**

Luis Rafael Martínez-Córdova¹
Marco Antonio Porchas-Cornejo²
Humberto Villarreal-Colmenares²

¹ DICTUS, Universidad de Sonora
Apartado postal 1819
Hermosillo, Sonora, México
E-mail: lmtz@guaymas.uson.mx

² CIB-NOR, Unidad Guaymas
Guaymas, Sonora, México

Recibido en octubre de 1997; aceptado en abril de 1998

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio experimental durante 23 semanas en Bahía Kino, Sonora (México), con el fin de evaluar el efecto de tres diferentes estrategias de alimentación utilizadas en el cultivo de camarón café, *Penaeus californiensis*, sobre la abundancia de fitoplancton, zooplancton y bentos. La alimentación en bandejas (tratamiento FT) y la complementación de alimento natural (tratamiento CNF) promovieron una mayor abundancia de zooplancton y de algunos organismos bentónicos en los estanques. La alimentación al "boleo" mediante el uso de tablas de alimentación (tratamiento FTA) promovió una mayor abundancia de ciertas especies de poliquetos bentónicos. No hubo diferencias entre los tratamientos respecto a la concentración de clorofila *a*. El crecimiento y la biomasa del camarón fueron mayores y las tasas de conversión alimenticia menores en los tratamientos CNF y FT. Esto parece estar relacionado con la mayor abundancia de organismos de las diferentes comunidades en esos tratamientos. Algunos parámetros de la calidad del agua fueron también afectados por la estrategia de alimentación.

Palabras clave: camarón café, *Penaeus californiensis*, alimentación, zooplancton, bentos, Sonora, México.

ABSTRACT

An experimental study was conducted during 23 weeks in Bahía Kino, Sonora (Mexico), to evaluate the effect of three different feeding strategies used in the culture of Pacific brown shrimp, *Penaeus californiensis*, on the abundance of phytoplankton, zooplankton and benthos. The use of feeding trays (treatment FT) and the complementation of natural food (treatment CNF) promoted a higher abundance of zooplankton and benthic organisms in the ponds. The use of feeding tables

(treatment FTA) enhanced the abundance of benthic polychaete species. There were no differences among treatments with respect to chlorophyll *a* concentration. Growth and yield were higher and feeding conversion ratios lower in treatments CNF and FT. This seems to be related to the higher abundance of zooplankton and benthic organisms in these treatments. Some water quality parameters were also affected by the feeding strategy.

Key words: Pacific brown shrimp, *Penaeus californiensis*, feeding, zooplankton, benthos, Sonora, Mexico.

INTRODUCCIÓN

La alimentación artificial y el bombeo de agua son dos de los principales gastos operativos en la camaronicultura. Se ha calculado que entre ambos representan más del 60% de los costos variables en el cultivo semiintensivo de camarones peneidos (Usha Rani *et al.*, 1993; Zendejas-Hernández, 1994). Actualmente, una gran cantidad de investigaciones se están dirigiendo tanto a la reducción del recambio de agua, como al conocimiento y manejo del alimento natural y las estrategias de alimentación artificial (Cruz, 1991; Hopkins *et al.*, 1993, 1996; Salame, 1993; Jory, 1995, 1996; Sandifer y Hopkins, 1996). Se ha demostrado que el recambio puede ser reducido drásticamente e inclusive eliminado sin afectar significativamente al crecimiento y la producción de camarón (Hopkins *et al.*, 1996). Esto, sin embargo, no es igualmente aplicable a cualquier sitio. En regiones como el noroeste de México, con regímenes climáticos extremos y con salinidades muy elevadas en los sistemas costeros, una drástica reducción en el recambio de agua puede llevar a un incremento de la salinidad, hasta niveles superiores a los que se recomiendan para el cultivo de la mayoría de las especies comerciales de camarón (Bray *et al.*, 1994). En un estudio reciente realizado en esta región (Martínez-Córdova *et al.*, 1995), se encontró que para el camarón blanco *Penaeus vannamei*, recambios menores de 5% pueden ocasionar altas mortalidades si no se aplica aireación complementaria. Otro estudio posterior (Martínez-Córdova *et al.*, 1997) mostró que una tasa de aireación de 6 h (de las 0000 a las 0600 h) es suficiente para alcanzar condiciones adecuadas y obtener crecimientos y producciones similares a las obtenidas con recambios del 15% diario, que son las que normalmente se utilizan en el

INTRODUCTION

Feed and water pumping are the two most important operative costs in shrimp mariculture. It has been suggested that they represent more than 60% of the variable costs of semi-intensive shrimp farming (Usha Rani *et al.*, 1993; Zendejas-Hernández, 1994). At present, many investigations are being focused on the reduction of water exchange, as well as on the management of natural food and feeding practices (Cruz, 1991; Hopkins *et al.*, 1993, 1996; Salame, 1993; Jory, 1995, 1996; Sandifer and Hopkins, 1996). Hopkins *et al.* (1996) have demonstrated that water exchange can be drastically reduced or even eliminated without adverse effects on growth or yield of farmed shrimp. These findings, however, cannot be applied to every situation. In semi-arid regions such as northwestern Mexico, with extreme climate regimes and high salinity in the coastal ecosystems, a drastic reduction in water exchange can increase water salinity beyond the range recommended for shrimp culture (Bray *et al.*, 1994). Martínez-Córdova *et al.* (1995) found that *Penaeus vannamei*, farmed with water exchanges lower than 5%, grew at a low rate and presented massive mortalities. A subsequent study (Martínez-Córdova *et al.*, 1997) showed that an aeration rate of 6 h (from 0000 to 0600 h) was enough to get growths and yields similar to those obtained with 10–15% of water exchange (Martínez-Córdova, 1994).

The importance of natural food for shrimp farming has been emphasized by many researchers. Anderson *et al.* (1987) suggest that 53–77% of the nutrition of farmed shrimp comes from biota of the ponds. The organisms that shrimp mostly consume belong to the zooplankton (Chen and Chen, 1992)

cultivo semiintensivo de camarón (Martínez-Córdova, 1994).

La importancia que el alimento natural tiene en la alimentación del camarón en cultivo ha sido puesta de manifiesto en numerosos trabajos. Anderson *et al.* (1987) calculan que entre el 53% y el 77% de la nutrición del camarón en estanques proviene del alimento natural. En este sentido, los organismos mayormente utilizados pertenecen tanto a la comunidad zooplanctónica (Chen y Chen, 1992) como bentónica (Rubright *et al.*, 1981).

Hasta hace poco, la estrategia de alimentación más común en la mayoría de las granjas semiintensivas de camarón tanto en México como a nivel mundial, es alimentar directamente sobre los estanques, ajustando la ración de acuerdo con la talla del camarón (tablas de alimentación). Esta estrategia tiene el inconveniente de que no se toma en cuenta el alimento natural presente, ni la cantidad real de alimento suplementario que el camarón está consumiendo en un momento dado. Esto puede llevar a sobrealimentar cuando hay una gran cantidad de alimento natural o a subalimentar cuando éste es escaso. Ambas prácticas tienen efectos negativos en el desarrollo del cultivo. En la actualidad, la utilización de bandejas de alimentación es más popular. En esta estrategia, se toma en cuenta el consumo aparente de alimento por parte del camarón y, en base a ello, se ajusta diariamente la ración (Salame, 1993). Otra práctica que se ha probado a nivel experimental es dar un complemento alimenticio, tomando en cuenta la cantidad de alimento natural en los estanques (Martínez-Córdova *et al.*, 1997). Ambas estrategias han mostrado ser efectivas para el camarón blanco, no sólo por obtenerse más altos crecimientos y producciones, sino además porque se han mejorado algunos parámetros de la calidad del agua, así como también la abundancia de zooplankton y bentos en los estanques, lo que puede ser beneficioso para incrementar el crecimiento y la producción. El problema es poder mantener abundancias adecuadas de estos organismos en los estanques (White, 1986). Una primera aproximación es conocer cuáles son los organismos que mayormente son utilizados por el camarón y cómo son afectados por la variación

and benthic communities (Rubright *et al.*, 1981).

Until recently, the most common feeding strategy in semi-intensive shrimp farms in Mexico and worldwide was the use of feeding tables. This practice adjusts the feeding ration according to shrimp size and does not take into consideration the abundance of natural food in the ponds or the apparent consumption of supplemented food. The use of feeding tables may lead to overfeeding when the biota in the ponds is abundant or to underfeeding when it is scarce. Both situations adversely affect the development of farmed shrimp. At present, the use of feeding trays is becoming more and more popular among shrimp farmers. In this strategy, the food ration is adjusted according to its apparent consumption by the shrimp (Salame, 1993). Another experimentally-probed practice is the complementation of natural food. In this strategy, the ration is adjusted according to the abundance of organisms that shrimp consume in the ponds (Martínez-Córdova *et al.*, 1997). The last two strategies have shown to be effective, not only to get good growth and survival of shrimp, but also to improve the water quality in the ponds. The abundance of biotic communities was also higher in the ponds where shrimp were fed with these two strategies. Some organisms of the biota contribute to shrimp nutrition, as has been reported by many authors. The problem is how to maintain an adequate abundance of these organisms in the ponds (White, 1986). A first approach must be to know what these organisms are and how they are affected by the natural and induced variations of environmental parameters in the ponds. The present study evaluates the effect of three different feeding strategies on the development of biotic communities in ponds with less than 5% water exchange, in the farming of Pacific brown shrimp *Penaeus californiensis*.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out during 23 weeks, from mid-November to the end April, in the facilities of DICTUS, University of Sonora, at Bahía Kino, Sonora, Mexico. A completely

de parámetros naturales (temperatura, salinidad, oxígeno, etc.) o inducidos (recambio de agua, aireación, estrategia alimenticia, etc.). En el presente trabajo se evaluó el efecto de tres estrategias de alimentación en el desarrollo de comunidades bióticas, en estanques de cultivo de camarón café del Pacífico *Penaeus californiensis*, con recambios inferiores al 5% diario.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante 23 semanas, de mediados de noviembre a fines de abril de 1997, en las instalaciones de la Unidad Experimental Kino del DICTUS, Universidad de Sonora, ubicadas en Bahía Kino, Sonora, México. Se utilizó un diseño experimental simple en un arreglo completamente al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron estanques de tierra de 400 m² de espejo de agua. Los tratamientos consistieron en tres diferentes estrategias de alimentación, como se describe a continuación:

- Tratamiento FTA: El alimento se proporcionó arrojándolo directamente a los estanques. La ración fue ajustada mediante tablas de alimentación, de acuerdo con la talla del camarón: 10% de la biomasa del camarón por día desde postlarva hasta los 0.5 g; 6% de 0.5 a 2 g; 4% de 2 a 10 g; y 3% desde 10 g hasta la cosecha.
- Tratamiento FT: Todo el alimento se proporcionó en bandejas fabricadas con alambre de hierro y malla plástica de 1 mm de luz. Se utilizó una charola redonda de 1 m de diámetro por cada estanque. La ración se ajustó según el consumo aparente de alimento, siguiendo las recomendaciones de Salame (1993). Cuando todo el alimento fue consumido, la ración se incrementó en un 5%; si menos del 5% se dejó de consumir, la ración no se modificó; si se dejó de consumir del 5 al 10%, la ración se disminuyó en 5%; si del 10 al 25% se dejó de consumir, la ración se disminuyó en un 10%; si más del 25% no fue consumido, la alimentación fue suspendida por dos raciones y reiniciada con un 10% menos.

randomized experimental design with three replicates was performed. The experimental units consisted of earthen ponds with 400 m² of water surface. The treatments consisted of three different feeding strategies as described below:

- Treatment FTA: Food was supplied directly to the pond bottom. The ration was adjusted by the use of feeding tables, according to shrimp weight: 10% of shrimp biomass per day from postlarvae to 0.5 g; 6% from 0.5 to 2 g; 4% from 2 to 10 g; 3% from 10 g to harvest.
- Treatment FT: All the food was supplied in feeding trays made with an iron frame and plastic net (1 mm mesh). One circular tray of 1-m diameter was used for each pond. The ration was adjusted according to apparent shrimp food consumption. The recommendations of Salame (1993) were followed. When all the food was consumed, the ration was increased by 5%; if less than 5% was not consumed, the ration was not modified; if 5 to 10% was not consumed, the ration was reduced by 5%; if 10 to 25% was not consumed, the ration was reduced by 10%; if more than 25% was not consumed, feeding was suspended for two rations and restarted with 10% less.
- Treatment CNF: All the food was supplied in feeding trays. However, in this case, the ration was adjusted according to the abundance of natural food (zooplankton and benthos) in the ponds. When the biomass of organisms that can eventually be consumed by shrimp was higher than 40 g/m² (wet weight), the feeding ration was 3% of shrimp biomass; if the biomass of the biota ranged from 20 to 40 g/m², the feeding ration was increased to 4%; when the biota biomass was lower than 20 g/m², the feeding ration was increased to 5%.

Before starting the experiment, the ponds were fertilized with chicken manure at a rate of 1000 kg/ha. During the trial, additional fertilization with urea and super phosphate

- Tratamiento CNF: El alimento fue también totalmente proporcionado en bandejas, pero las raciones fueron ajustadas según la abundancia de alimento natural (zooplancton y bentos) en los estanques. Cuando la biomasa de organismos eventualmente consumibles por el camarón fue mayor que 40 g/m² (en peso húmedo), la ración fue del 3% diario de la biomasa del camarón; cuando la biomasa de alimento natural estuvo entre 20 y 40 g/m², la ración se aumentó al 4%; y cuando fue menor de 20 g/m², se aumentó al 5%.

Antes de iniciar el cultivo, los estanques fueron fertilizados con gallinaza (1000 kg/ha) y posteriormente llenados. Durante el cultivo, se utilizó fertilización inorgánica (50 kg de urea y 25 kg de superfosfato por hectárea) cuando fue requerida (a lecturas mayores de 40 cm en el disco de Secchi).

El agua fue suministrada a los estanques desde un brazo del estero La Cruz, mediante una bomba centrífuga de teflón de 5 HP, a través de una tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro. Cada estanque contó con una válvula para ajustar el recambio al 5% diario de su capacidad (este recambio incluye pérdidas por evaporación y filtración, de tal manera que el recambio real fue muy inferior, probablemente del 3%).

Una vez que la biomasa de camarón en los estanques rebasó el equivalente a 300 kg/ha, se empezó a aplicar aireación por medio de un soplador Rotron de 5 HP, a través de tubería perforada de 1 pulgada, la cual recorría el fondo del estanque por su parte media.

Cada estanque fue sembrado con 12,000 postlarvas de camarón café (30 pl/m²), obtenidas por cultivo larvario en el laboratorio del CIB-NOR, en Guaymas, Sonora. Durante el cultivo, el camarón fue alimentado con Purina-25 (dieta comercial para camarón fabricada por Purina, México, con 25% de proteína cruda).

Durante el experimento, en los estanques se registraron los principales parámetros de la calidad del agua, tales como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, amonio total, materia orgánica en agua y sedimento y demanda bioquímica de oxígeno (DBO). La temperatura

(50 and 25 kg/ha, respectively) was used if necessary (readings of Secchi disk higher than 40 cm).

Water was pumped from the La Cruz estuary by means of a 5-HP centrifuge pump. It was supplied to the ponds through 4-inch PVC tubing. Each pond had individual valves to control water exchange at 5% per day (including losses by evaporation and filtration, so that the actual water exchange was around 3%).

When shrimp biomass exceeded 300 kg, the ponds began to be aereated by means of a 5-HP Rotron blower. Air was conducted through 1-inch PVC tubing, crossing the ponds in the mid section.

Each pond was stocked with 12,000 post-larvae of Pacific brown shrimp (30 pl/m²). Seeds were hatched in the facilities of CIB-NOR in Guaymas, Sonora. During the experiment, shrimp were fed with Camaronina-25 (shrimp diet with 25% of crude protein formulated by Purina, Mexico).

The main water quality parameters, such as temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, total ammonia, organic matter and biochemical oxygen demand (BOD), were recorded during the trial. Temperature and dissolved oxygen were measured twice a day (0600 and 1300 h), by means of a YSI model 52 oxygen meter. Salinity and pH were recorded once a day (0600 h) using a Golberg refractometer and an Orion pHmeter, respectively. The other parameters were determined weekly: organic matter was measured by ignition; ammonia concentration by spectrophotometry with a Hach DR200 equipment; BOD by incubation and measurement of oxygen with a YSI meter.

Phytoplankton biomass was estimated by measuring chlorophyll *a* concentration. A sample of 1 L of water was taken from three points of the pond and filtered. Chlorophyll *a* was extracted with acetone and measured by spectrophotometry.

For the study of zooplankton, three samples of 10 L of water were taken every week from three different points of each pond. A 10-L bucket with a 60- μ m lateral filter mesh was used for sampling. An aliquot part of the sample was obtained by a Folsom plankton splitter.

y el oxígeno disuelto fueron medidos dos veces al día (0600 y 1300 h), mediante un oxímetro YSI modelo 52; la salinidad y el pH se midieron una vez al día (0600 h), por medio de un refractómetro Golberg y un potenciómetro Orion, respectivamente. Los restantes parámetros fueron registrados semanalmente: la materia orgánica por medio de secado e ignición, el amonio por espectrofotometría mediante un equipo Hach DR2000 y la DBO por incubación y medición con un oxímetro YSI.

La biomasa del fitoplancton fue estimada mediante la medición de clorofila *a*. Se tomó una muestra de 1 L de agua de tres diferentes puntos de cada estanque, se filtró y se determinó la concentración de clorofila *a* mediante extracción con acetona y espectrofotometría.

Para el estudio del zooplancton, cada semana se tomaron tres muestras de cada uno de los estanques, mediante una cubeta de 10 L, con un filtro lateral de 60 μm de abertura de malla. La cubeta se sumergió hasta el fondo en tres diferentes puntos del estanque y se arrastró a la superficie. Se tomó una alícuota de la porción filtrada mediante un fraccionador Folsom; se colocó en placas de Petri cuadrículadas y se analizó en un microscopio estereoscópico. Se identificaron y contaron los organismos presentes. Los organismos considerados como posible alimento del camarón (copépodos, larvas de poliquetos, nauplios de diferentes crustáceos, anfipodos, isópodos, larvas de insecto, insectos, decápodos carideos, etc.), todos ellos con tallas mayores que 100 μm , fueron separados, secados y pesados en una balanza digital Sartorius, con capacidad de 2600 g y precisión de 0.01 g.

Para el estudio del bentos, semanalmente se tomaron tres porciones de sedimento de tres diferentes puntos de cada estanque, mediante un nucleador de PVC (10 cm de diámetro y 20 cm de penetración). El sedimento fue pasado por una serie de tres tamices con mallas de 10, 5 y 1 mm. De cada malla se recogieron los organismos manualmente. Los de las mallas de 10 y 5 mm se identificaron directamente, separando aquellos que pudieran constituir alimento para el camarón (poliquetos, copépodos bentónicos, insectos, anfipodos, isópodos, camarones carideos, entre otros). Para identificar y separar

It was put in grid dishes and analyzed in a Ward stereoscope. All the organisms present were identified and counted. The organisms considered a possible source of food for shrimp, (copepods, polychaete larvae, nauplii of different crustaceans, amphipods, isopods, insect larvae, insects, decapods, carideans, etc.), with sizes larger than 100 μm , were separated, dried and weighed in a digital Sartorius balance with a precision of 0.01 g.

Three samples of sediment from three different points of each pond were taken weekly for the study of the benthic community. A PVC core sampler, with a diameter of 10 cm and a penetration of 20 cm, was used for sampling. Samples were passed through three sieve meshes of 10, 5 and 1 mm. Organisms retained in each sieve were collected and stored. The organisms from the 10- and 5-mm sieves were collected and identified directly. The organisms from the 1-mm mesh were analyzed, identified and counted in a stereoscope. Organisms considered a possible source of food for shrimp were separated, dried and weighed.

The combined biomass of zooplankton and benthic organisms was used to adjust the food ration in treatment CNF.

A sample of 50 shrimp from each pond was taken and weighed every week, in order to determine mean growth of each treatment. Survival was estimated according to the apparent food consumption. These two parameters were used to adjust the food ration for treatments FTA and CNF.

During weeks 7, 15 and 23, five shrimp from each pond were dissected to analyze gut content. The organisms present were identified as much as possible and counted in order to establish their percentage of occurrence (Hyslop, 1980) and percentage of frequency (Crisp *et al.*, 1978).

An ANOVA procedure was performed to determine the effect of the treatments and weeks on the concentration of chlorophyll *a*, as well as on the abundance of zooplankton and benthos. A Tukey test was used to compare and rank means. A level of significance of $P < 0.05$ was considered in these statistical procedures.

los de la malla de 1 mm, se utilizó una lupa. Los organismos separados se secaron con papel absorbente para eliminar el agua superficial y se pesaron en una balanza digital Sartorius.

La biomasa combinada de zooplancton y bentos fue utilizada para ajustar la ración en el tratamiento CNF.

Cada semana se tomaron de cada estanque 50 camarones, los cuales se secaron y pesaron para conocer el crecimiento promedio en cada tratamiento. La supervivencia fue estimada de acuerdo con el consumo aparente de alimento. Con estos dos parámetros se calculó la biomasa de cada estanque y se ajustó la ración alimenticia en los tratamientos FTA y CNF.

En las semanas 7, 15 y 23, se tomaron cinco camarones de cada uno de los estanques. Se diseccionaron para analizar el contenido estomacal, se identificaron hasta donde fue posible y se contaron los organismos encontrados para establecer su porcentaje de ocurrencia (Hyslop, 1980), así como su porcentaje de frecuencia (Crisp *et al.*, 1978).

Se hizo un análisis de varianza de dos vías para establecer diferencias entre los tratamientos y las fechas, respecto a la concentración de clorofila *a* y la abundancia de zooplancton y bentos en los estanques de cultivo. Una prueba de Tukey fue utilizada para la comparación de los promedios. Para estas pruebas estadísticas se consideró un nivel de significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 presenta los promedios y las desviaciones estándar de la concentración de clorofila *a* y la abundancia de zooplancton y bentos, así como de los parámetros de la calidad del agua en los tratamientos. La concentración de clorofila *a* no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, pero sí entre las fechas de muestreo, tal como se observa en la figura 1. Los valores más altos se observaron de las semanas 3 a la 5 y de la 18 a la 23. Esto no siempre estuvo relacionado con los periodos de fertilización como normalmente se observa en los estanques camarónicolas (Clifford, 1994; Martínez-Córdova *et al.*, 1997). Los valores de clorofila *a* observados estuvieron, por lo general, debajo de los recomendados para el cultivo

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 presents the means and standard deviations of the chlorophyll *a* concentration, abundance of zooplankton and bentos, and water quality parameters in the treatments. Chlorophyll *a* concentrations were not different among treatments, but they were among weeks of culture, as shown in figure 1. Higher values were found in weeks 3 to 5 and 18 to 23. These peaks were not always related to fertilization periods, as is normally observed in shrimp ponds (Clifford, 1994; Martínez-Córdova *et al.*, 1997). Most of the time, the concentration of chlorophyll *a* was below the recommended level for shrimp culture ponds (Teichert-Coddington, 1994). This was probably a consequence of the great abundance of macroalgae, which use a significant amount of the nutrients supplied for the phytoplankton enhancement. Abundance of zooplankton showed significant variations among treatments and weeks of culture (fig. 2). Higher abundances were recorded in weeks 4 and 5, and from weeks 19 to 23. Peaks of higher abundance occurred approximately one week after the phytoplankton blooms. This is an expected result, since phytoplankton is the most important source of food for zooplankton (Day *et al.*, 1989). Treatments CNF and FT showed higher abundances most of the weeks. In all the treatments, abundance of zooplankton remains under the range recommended for the culture of penaeid shrimps (Jory, 1995). This was probably a consequence of the low concentrations of chlorophyll *a* recorded during the trial, combined with an active grazing by shrimp, as was shown in the gut content analysis. The benthic community recorded abundances significantly different among treatments and also among weeks of culture (fig. 3). Greater abundances were recorded from weeks 2 to 4. Afterward, they declined consistently. At the end of the culture, abundance was very low in all the treatments. This was attributed to the grazing by shrimp, as was shown in the gut content analysis. Usually, treatments CNF and FT recorded greater abundances of most of the benthic organisms; however, some groups, such as the polychaetes, were more abundant in

Tabla 1. Promedios y desviaciones estándar de la concentración de clorofila *a*, abundancia de comunidades bióticas y parámetros de la calidad del agua en estanques de cultivo de camarón café con diferentes estrategias de alimentación. Los valores en un renglón seguidos por diferente letra fueron estadísticamente diferentes a $P < 0.05$.

Table 1. Means and standard deviations of the chlorophyll *a* concentration, abundance of biotic communities and water quality parameters in Pacific brown shrimp farming ponds using different feeding strategies. The values in a row followed by a different letter were significantly different at $P < 0.05$.

	Tratamientos		
	FTA	CNF	FT
Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)	2.8 ± 0.9a	3.1 ± 1.0a	2.9 ± 0.9a
Zooplancton (org/m ²)	226 ± 56a	409 ± 64b	346 ± 56ab
Bentos (org/m ²)	22 ± 9a	43 ± 11b	39 ± 9ab
Temperatura (°C) (0600)	16.7 ± 3.45a	16.8 ± 3.44a	16.7 ± 3.4a
Temperatura (°C) (1300)	20.8 ± 4.12a	20.9 ± 4.05a	20.7 ± 4.11a
Salinidad (ppm)	43.5 ± 0.88a	43.6 ± 0.87a	43.4 ± 0.87a
Oxígeno disuelto (mg/L) (0600)	3.67 ± 0.68a	3.81 ± 0.59a	3.76 ± 0.61a
Oxígeno disuelto (mg/L) (1300)	5.03 ± 0.78a	5.22 ± 0.76a	5.14 ± 0.81a
pH	8.27 ± 0.11a	8.31 ± 0.12a	8.29 ± 0.11a
Amonio (mg/L)	0.52 ± 0.07b	0.33 ± 0.05a	0.42 ± 0.06ab
Materia orgánica en agua (mg/L)	0.29 ± 0.03b	0.21 ± 0.03a	0.20 ± 0.03a
Materia orgánica en sedimento (%)	3.67 ± 0.39b	2.83 ± 0.27a	2.74 ± 0.25a
DBO (mg/L)	3.91 ± 0.29b	2.92 ± 0.27a	2.86 ± 0.27a

de camarones peneidos (Teichert-Coddington, 1994). Esto se debió muy probablemente a la presencia masiva de macroalgas, precisamente en los periodos de menor concentración de clorofila. Estas macroalgas emplean una gran cantidad de los nutrientes destinados a la producción de fitoplancton. La abundancia de zooplancton presentó variaciones significativas, tanto entre los tratamientos como entre las fechas de muestreo (fig. 2). Las mayores abundancias fueron registradas en las semanas 4 y 5 y de la 19 a la 23. Los picos de mayor abundancia ocurrieron aproximadamente una semana después de los florecimientos más significativos de fitoplancton, lo cual es lógico considerando que estos organismos constituyen su fuente primaria de alimentación (Day *et al.*, 1989). Los tratamientos CNF y FT presentaron, en general, abundancias más altas de zooplancton a través del experimento. En los tres tratamientos, la

treatment FTA. Some species of polychaetes are detritivorous and they prefer environments with high concentrations of organic matter. This is the case of ponds where food is supplied directly to the pond bottom, as in treatment FTA.

Regarding the water quality parameters, temperature showed wide variations during the trial (ranging from 11 to 24°C). No significant differences were recorded among treatments. The mean values remained below 20°C most of the time. These temperatures are significantly lower than those recommended for the culture of most commercial shrimp (Tseng, 1988; Lee and Wickins, 1992). Salinity varied significantly during the experiment (ranging from 39 to 50 ppt). No differences were observed among treatments. Salinity remained above 40 ppt most of the time and reached 50 ppt at the end of the culture. These values are beyond

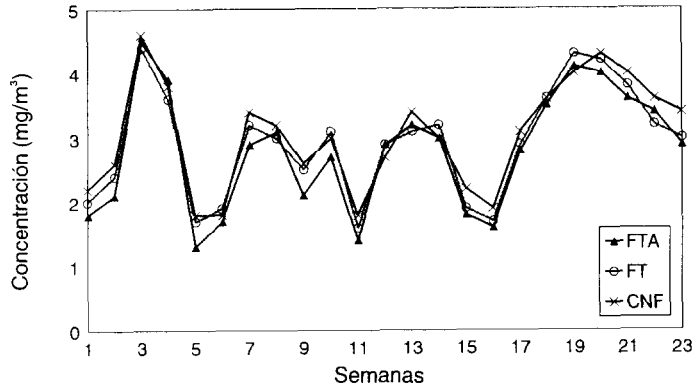


Figura 1. Concentración de clorofila *a* durante el experimento en los tres tratamientos.
Figure 1. Chlorophyll *a* concentration during the experiment in the three treatments.

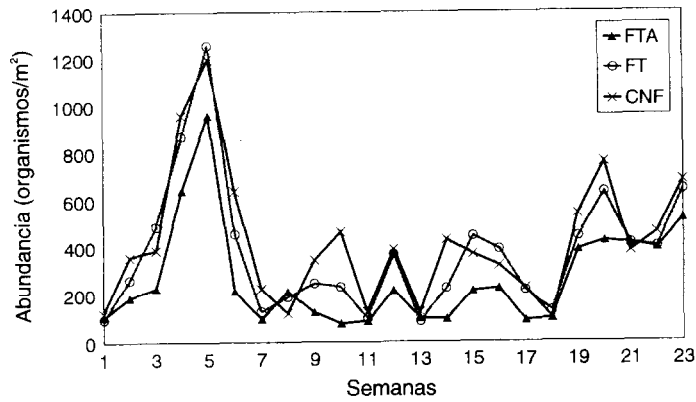


Figura 2. Abundancia de zooplankton durante el experimento en los tres tratamientos.
Figure 2. Abundance of zooplankton during the experiment in the three treatments.

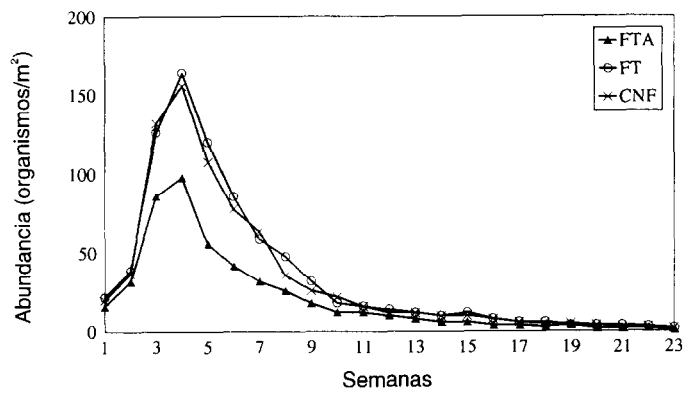


Figura 3. Abundancia de organismos bentónicos durante el experimento en los tres tratamientos.
Figure 3. Abundance of benthic organisms during the experiment in the three treatments.

abundancia de zooplancton estuvo por debajo de los niveles recomendados para el cultivo de camarones peneidos (Jory, 1995). Esto se debió muy probablemente a las bajas concentraciones de clorofila *a* registradas a través del cultivo, combinado con un activo pastoreo por parte del camarón, como lo demuestran los análisis de contenido estomacal de estos organismos. El bentos presentó abundancias significativamente diferentes, tanto entre los tratamientos como entre las fechas de muestreo (fig. 3). Las mayores abundancias se registraron de las semanas 2 a la 4 y de ahí en adelante fueron disminuyendo consistentemente. Al final del cultivo la abundancia fue muy baja en todos los tratamientos. Esto fue consecuencia del pastoreo por parte del camarón, como lo demuestran los análisis de contenido estomacal. En general, los tratamientos FT y CNF presentaron abundancias mayores de organismos bentónicos; sin embargo, ciertos grupos, como los poliquetos, fueron más abundantes en el tratamiento FTA. Esto se debe a que muchas especies de poliquetos son detritívoras y, por lo tanto, se desarrollan mejor en ambientes con mayor cantidad de detritos. Tal es el caso de los estanques alimentados al "boleo" como los del tratamiento FTA.

Respecto a los parámetros de la calidad del agua, la temperatura presentó variaciones significativas durante el experimento (con un rango entre 11°C y 24°C), pero no entre los tratamientos. En general, los valores promedio se mantuvieron por debajo de los 20°C. Estas temperaturas son significativamente menores a las recomendadas para el cultivo de la mayoría de las especies comerciales de camarón (Tseng, 1988; Lee and Wickins, 1992). La salinidad varió significativamente durante el experimento (con valores entre 39 y 50 ppm), pero no entre los tratamientos. Los valores en general se mantuvieron por encima de las 40 ppm, pero llegaron hasta niveles de 50 ppm. Estos valores son superiores a los recomendados para el cultivo de camarón (Bray *et al.*, 1994). El oxígeno disuelto a las 0600 h presentó amplias variaciones a través del período de cultivo (con un rango entre 1.8 y 6.7 mg/L), con los valores más bajos al final del mismo. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos;

the range recommended for farming shrimps (Bray *et al.*, 1994). Dissolved oxygen at 0600 h showed wide variations during the farming period (ranging from 1.8 to 6.7 mg/L). Lower values were recorded at the end of the trial. No significant differences were observed among treatments; however, treatment FTA showed the lowest levels in the final weeks. The values recorded at the end of the experiment are below the range recommended for shrimp farming (Clifford, 1994; Teichert-Coddington, 1994). In spite of that, no massive mortalities were observed. This probably was because these low levels had a short duration, during the first hours of the day. Dissolved oxygen at 1300 h also varied widely during the trial (ranging from 3.87 to 10.75 mg/L); the lower levels were recorded at the end of the experiment. In this case, no significant differences were observed among treatments. The pH recorded significant variations among weeks of culture (ranging from 7.8 to 8.6), but not among treatments; the lowest values were observed at the end of the trial. This is probably because of the production of acid metabolites by degradation of organic matter and by the metabolic activity of organisms in the ponds. Organic matter in water and sediment was more abundant at the end of the culture in all the treatments, as a consequence of the accumulation of unconsumed food and remains of organisms. The FTA treatment recorded the highest values. Total ammonia concentration and BOD exhibited a behavior similar to organic matter. This is an expected result, considering that both parameters are mostly a result of degradation of organic matter. The values of ammonia and BOD recorded at any time in the ponds remain below the levels typically found in shrimp farm discharges (Lin and Nash, 1996) and, in general, for aquacultural effluents (Schwartz and Boyd, 1994).

Table 2 presents the organisms most commonly found in shrimp gut content, as well as their percentages of occurrence (Hyslop, 1980) and frequency (Crisp *et al.*, 1978) in the three samplings. Although no statistical analysis was done, there seem to be wide differences among dates, but not so wide among treatments. All the groups found in the ingesta had higher

Tabla 2. Porcentaje de ocurrencia (%O) y porcentaje de frecuencia (%F) de los organismos más comúnmente encontrados en el tracto digestivo en los camarones de los tres tratamientos (FTA, CNF y FT).

Table 2. Percentage of occurrence (%O) and percentage of frequency (%F) of the organisms most commonly found in the digestive tract in the three treatments (FTA, CNF and FT).

Semana	FTA						CNF						FT					
	7		15		23		7		15		23		7		15		23	
	%O	%F	%O	%F	%O	%F	%O	%F	%O	%F	%O	%F	%O	%F	%O	%F	%O	%F
Copépodos	100	21	66	29	33	44	100	26	100	45	100	48	100	26	100	42	100	46
Nauplios	100	26	100	34	33	36	100	21	100	24	33	31	100	21	100	25	33	34
Poliquetos	100	36	33	23	11	6	100	29	33	16	11	5	100	30	33	18	11	4
Insectos	100	10	22	6	11	3	100	12	100	6	11	4	100	10	100	7	11	6
Otros crustáceos	33	6	11	6	22	8	33	7	22	8	22	8	33	6	11	5	11	9

sin embargo, el tratamiento FTA presentó las concentraciones más bajas en las semanas finales. Los valores registrados al final del cultivo están por debajo de los límites recomendados para el cultivo del camarón (Clifford, 1994; Teichert-Coddington, 1994). A pesar de ello, no se observaron mortalidades masivas, probablemente debido a que estos valores extremos sólo se presentaron por muy corto tiempo, en las primeras horas del día. El oxígeno disuelto a las 1300 h también varió ampliamente durante el experimento (con un rango entre 3.87 y 10.75 mg/L); sus valores más bajos se registraron también hacia el final del cultivo. En este caso, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El pH presentó variaciones significativas entre las fechas de muestreo (rango de 7.8 a 8.6), pero no entre los tratamientos. Los valores más bajos se presentaron generalmente hacia el final del cultivo. Esto es debido probablemente a la producción de metabolitos ácidos como resultado de la degradación de la materia orgánica y a la actividad metabólica de los organismos. La materia orgánica, tanto en el agua como en el sedimento, presentó sus valores más elevados hacia el final del cultivo en todos los tratamientos, como consecuencia de la acumulación de alimento no consumido, metabolitos y restos de organismos. El tratamiento FTA presentó los niveles más elevados. La concentración de amonio total y la DBO presentaron comportamientos similares a los de la materia orgánica. Esto es lógico considerando que ambos parámetros son en gran medida resultado de la descomposición de la misma. Los valores de amonio y DBO están por debajo de los típicamente encontrados para el cultivo de camarón (Lin y Nash, 1996) y, en general, para efluentes de acuicultura (Schwartz y Boyd, 1994).

La tabla 2 presenta los organismos más comúnmente encontrados en el tracto digestivo de los camarones y sus porcentajes de ocurrencia (Hyslop, 1980) y de frecuencia (Crisp *et al.*, 1978) en las tres fechas consideradas. Aunque no se llevó a cabo un análisis estadístico, parecen existir diferencias notables entre las fechas, aunque no tanto entre los tratamientos. Todos los grupos encontrados en la ingesta tuvieron mayores porcentajes de ocurrencia en

percentajes de ocurrencia at week 7 and lower at week 23. Copepods and nauplii increased in frequency from week 7 to weeks 15 and 23, whereas polychaetes and insects decreased. Other crustaceans found in the gut content remained at similar levels during the trial. Shrimp from treatments CNF and FT had higher frequency of copepods, nauplii and other crustaceans in their guts than those from treatment FTA. Polychaetes were more frequent in shrimp from treatment FTA. This was related to the higher abundance of these groups in the treatments and dates considered.

Growth and yield of shrimp were higher and food conversion ratios lower in treatment CNF, followed by treatment FT and then treatment FTA (table 3). This seems to be related to the abundance of zooplanktonic and benthic organisms in the ponds (mostly in the first weeks of the culture), as well as in the shrimp gut content. This is an important finding because it confirms the observations of many other authors regarding the importance of natural food for shrimp farming. Better water quality in the ponds of treatments CNF and FT could also lead to a better development of the farmed shrimp.

The present study shows that biotic communities in Pacific brown shrimp farming ponds, as well as some water quality parameters are significantly affected by the feeding strategy used in the culture. On the other hand, the study shows the importance of maintaining, in the ponds, adequate abundances of those organisms that shrimp effectively consume. This may contribute to better growths, yields and food conversion ratios. As a consequence of that, it is possible to improve the economic feasibility of shrimp farming and to have effluents that impact less the receiving ecosystems.

Despite adverse conditions, such as temperatures below 20°C, salinities above 40 ppt and oxygen levels below 2 mg/L, survival, yield and food conversion ratios of shrimp were not that much lower than those obtained in some semi-intensive farms of tropical species working at higher temperatures (Lee and Wickins, 1992; Clifford, 1994). The growth obtained in this experiment was significantly

Tabla 3. Promedios y desviaciones estándar de crecimiento, supervivencia, producción y tasa de conversión alimenticia de camarón café cultivado en estanques con diferentes estrategias de alimentación. Los promedios en un renglón seguidos de diferente letra fueron estadísticamente diferentes a $P < 0.05$.

Table 3. Means and standard deviations of growth, survival, yield and food conversion ratio of Pacific brown shrimp farmed in ponds with different feeding strategies. The means in a row followed by a different letter were significantly different at $P < 0.05$.

	Tratamientos		
	FTA	FT	CNF
Crecimiento total (g)	6.02 ± 0.4a	8.03 ± 0.6a	10.05 ± 0.9b
Supervivencia (%)	62.6 ± 3.4a	60.4 ± 2.9a	56.3 ± 2.7a
Producción (kg/ha)	1130 ± 72a	1212 ± 86ab	1415 ± 94b
Tasa de conversión alimenticia	2.91 ± 0.32b	2.32 ± 0.29a	2.14 ± 0.25a
Alimento añadido (kg/ha)	3288 ± 209b	2811 ± 199a	3028 ± 201ab

la semana 7, mientras que los menores se presentaron en la semana 23. Los copépodos y nauplios fueron incrementando su frecuencia de la semana 7 a la 15 y a la 23, mientras que los poliquetos e insectos la fueron disminuyendo. Otros crustáceos encontrados en el tracto digestivo mantuvieron valores similares a través del experimento. Los camarones de los tratamientos CNF y FT presentaron mayores porcentajes de frecuencia de copépodos, nauplios y otros crustáceos en su tracto digestivo que los del tratamiento FTA. Los poliquetos fueron más frecuentes en los camarones del tratamiento FTA. Esto concuerda con las mayores abundancias encontradas de estos organismos en los estanques en las fechas y tratamientos mencionados.

El crecimiento y producción de camarón fueron mayores y las tasas de conversión alimenticia menores en el tratamiento CNF, seguidos por el tratamiento FT y, por último, el FTA, tal como se muestra en la tabla 3. Esto parece estar relacionado con la mayor abundancia de organismos zooplancónicos y bentónicos, tanto en los estanques como en los contenidos estomacales de los camarones de estos tratamientos. Esta situación es relevante, sobre todo en las primeras semanas del cultivo, ya que ratifica las observaciones de muchos otros autores ya mencionados sobre la importancia que el alimento natural tiene en el desarrollo del camarón cultivado. Las mejores

lower; however, shrimp can be sold at that size. An economic study is necessary to determine the feasibility of this culture on a commercial scale.

English translation by the authors.

condiciones de la calidad del agua en estos tratamientos pudieron también influir en un mejor desarrollo de los organismos cultivados.

El presente estudio muestra que las comunidades bióticas en los estanques de cultivo de camarón café, así como algunos parámetros de la calidad del agua, son significativamente afectadas por la estrategia de alimentación utilizada en dichos cultivos. Por otro lado, se muestra la importancia que tiene el mantener adecuadas abundancias en los estanques de aquellos organismos que el camarón efectivamente consume, para lograr mejores crecimientos y producciones, así como mejores tasas de conversión alimenticia. Con esto se contribuye significativamente no sólo a mejorar la rentabilidad de los cultivos, sino a tener efluentes que impacten menos en los ecosistemas receptores.

A pesar de condiciones adversas, como temperaturas por debajo de 20°C, salinidades superiores a 40 ppm y niveles de oxígeno inferiores a 2 mg/L, la supervivencia, producción y tasa de conversión alimenticia del camarón café

no estuvieron demasiado alejados de los obtenidos en la mayoría de las granjas semi-intensivas que cultivan camarones tropicales en regiones de más alta temperatura (Lee and Wickins, 1992; Clifford, 1994). El crecimiento obtenido sí fue significativamente inferior; sin embargo, la talla lograda es comercializable. Un estudio económico podría determinar la factibilidad de este cultivo a nivel comercial.

REFERENCIAS

- Anderson, R.K., Parker, P.L. and Lawrence, A.L. (1987). A ¹³C/¹⁴C tracer study of the utilization of present feed by a commercially important shrimp, *Penaeus vannamei*, in a pond growout system. *J. World Aquacult. Soc.*, 18: 149–155.
- Bray, W.A., Lawrence, A.L. and Leung-Trujillo, J.R. (1994). The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei* with observations on the interaction of IHHN virus and salinity. *Aquaculture*, 122: 137–146.
- Clifford, H.C. (1994). El manejo de estanques camaroneros. En: *Memorias del Seminario Internacional de Camaronicultura, Camarón 94*. Mazatlán, México, pp. 16–34.
- Crisp, D.T., Mann, R.H.K. and McCormack, J.C. (1978). The effects of impoundment and regulation upon stomach content of fish at Cow Green, Upper Teesdale. *J. Fish Biol.*, 12: 287–301.
- Cruz, P.S. (1991). *Shrimp Feeding Management: Principles and Practices*. Kabukiran Enterprises Inc., Davao City, Philippines, 57 pp.
- Chen, Y.L.L. and Chen, H.Y. (1992). Juvenile *Penaeus monodon* as an effective zooplankton predator. *Aquaculture*, 103: 35–44.
- Day, J.W., Hall, C.A., Kemp, W.M. and Yáñez-Arencibia, A. (1989). *Estuarine Ecology*. Wiley Interscience, New York, 558 pp.
- Hopkins, J.S., Hamilton, R.D., Sandifer, P.A., Browdy, C.L. and Stokes, A.D. (1993). Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budget on intensive shrimp ponds. *J. World Aquacult. Soc.*, 24(3): 304–320.
- Hopkins, J.S., Sandifer, P.A., Browdy, C.L. and Holloway, J.D. (1996). Comparison of exchange and no-exchange water management for intensive culture of marine shrimp. *J. Shellfish Res.*, 13: 441–445.
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach content analysis: a review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, 17: 411–429.
- Jory, D.E. (1995). Management of natural productivity in marine shrimp: semi-intensive ponds. *Aquacult. Mag.*, 21: 90–100.
- Jory, D.E. (1996). Technical marine shrimp farming session at WAS meeting in Bangkok, Thailand. *Aquacult. Mag.*, 22(2): 89–94.
- Lee, D.O.C. and Wickins, J.F. (1992). *Crustacean Farming*. Halsted Press, Wiley, New York, 392 pp.
- Lin, C.K. and Nash, G.L. (1996). *Asian Shrimp News Collected Volumes, 1989–1995*. Asian Shrimp Culture Council, Bangkok, Thailand, pp. 14–22.
- Martínez-Córdova, L. (ed.) (1994). *Camaronicultura: Bases Técnicas y Científicas para el Cultivo de Camarones Peneidos*. AGT Editor, México, DF, 233 pp.
- Martínez-Córdova, L., Villarreal, H. and Porchas, M. (1995). Culture of white shrimp *Penaeus vannamei* in reduced water exchange ponds in Sonora, Mexico. *World Aquacult.*, 26(4): 47–48.
- Martínez-Córdova, L., Villarreal, H., Porchas, M., Naranjo, J. and Aragón, F. (1997). Effect of aeration rate on growth, survival and yield of white shrimp *Penaeus vannamei* in low water exchange ponds. *Aquacult. Eng.*, 16: 85–90.
- Rubright, J.S., Harrel, J.L., Holcomb, H.W. and Parker, J.C. (1981). Response of planktonic and benthic communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. *J. World Maricult. Soc.*, 12(1): 281–299.
- Salame, M. (1993). Feeding trays in penaeid shrimp ponds. *Aquacult. Mag.*, 19(4): 59–63.
- Sandifer, P.A. and Hopkins, J.S. (1996). Conceptual design of a sustainable pond-based shrimp culture system. *Aquacult. Eng.*, 15(1): 41–52.
- Schwartz, M.F. and Boyd, C.E. (1994). Channel catfish pond effluents. *J. Prog. Fish Cult.*, 56: 273–281.
- Teichert-Coddington, D. (1994). La calidad del agua y su manejo en estanques de camarón. En: *Memorias del Seminario Internacional de Camaronicultura, Camarón 94*, Mazatlán, México, pp. 32–48.
- Tseng, W. (1988). *Shrimp Mariculture: A Practical Manual*. Cnaan Intl. Pty Ltd., Brisbane, Australia, 290 pp.
- Usha Rani, G., Chandra Redi, T. and Ravindranath, K. (1993). Economics of brackishwater prawn farming in Nellore District of Andhra Pradesh State, India. *J. Aquacult. Trop.*, 8(2): 221–230.

White, D. (1986). Biological principles of pond culture: sediment and benthos. In: E. Lanan *et al.* (eds.), Principles and Practices of Pond Aquaculture. Oregon State Univ. Press, Oregon, pp. 15–19.

Zendejas-Hernández, J. (1994). La camaronicultura en México. En: Memorias del Seminario Internacional de Camaronicultura, Camarón 94, Mazatlán, México, pp. 1–12.