

00322



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

24

EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE CAMARONES PENEIDOS EN CONDICIONES DE CULTIVO SEMI INTENSIVO. ANALISIS BIOENERGETICO DE LOS COSTOS DE ALIMENTACION Y SU OPTIMIZACION.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

RICARDO CANO RENTERIA



DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ ROMÁN LATOURNERIE CERVERA

FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR

2003

A





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

RECEBIDA  
SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA  
1978

**DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA**  
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:  
**Evaluación del crecimiento de camarones Peneidos en condiciones de cultivo semi intensivo. Análisis bioenergético de los costos de alimentación y su optimización.**

realizado por **Ricardo Cano Rentería**

con número de cuenta 9755437-0 , quién cubrió los créditos de la carrera de **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

Dr. José Román Latournerie Cervera.

Propietario

M.V.Z. Ana Auró Angulo

Propietario

Dr. René Cárdenas Vázquez

Suplente

Dr. Héctor Garduño Argueta

Suplente

Dr. Samuel Gómez Aguirre

FACULTAD DE CIENCIAS  
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGIA

## AGRADECIMIENTOS

A mi maestro Dr. José R. Latournerié Cervera por brindarme la confianza necesaria para formar parte de un grupo de trabajo de investigación científica, por su amistad y por su guía en la realización de este trabajo.

A mis profesores del Taller: M.V.Z. Ana Auró de Ocampo, M. en C. Pilar Torres García, Dr. Héctor Garduño Argueta, M. en C. Marcela Fragoso Cervón por permitirme tomarlos como ejemplo profesional y por su esfuerzo en introducirme a la rama Acuícola de las Ciencias Biológicas.

A los Biólogos: Teresa Sosa y José Luis Bortolini por su buena disposición e intenciones para colaborar en las actividades del Taller de Acuicultura y por tanto en mi desarrollo como estudiante profesional.

A mis compañeros: Diana Corona Vadillo, Sara M. Santiesteban Sánchez, Israel Alva García y Abelardo Brito Bermúdez por los lazos confraternales que erigimos y por su amplia participación en la elaboración de este trabajo.

Al Físico Andrés Porta Contreras, Secretario de Becas y Servicio Social, quien facilitó el apoyo por parte del Programa de Becas de Tesis de Licenciatura PROBETEL, para la realización de este proyecto.

## ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Antecedentes.....	6
Objetivos.....	10
Área de Estudio.....	11
Método.....	12
Resultados.....	18
Discusión.....	26
Conclusiones.....	35
Literatura Citada.....	36
Tablas y figuras.....	42
Apéndices.....	XXVI

## RESUMEN

La determinación precisa y constante de los parámetros de cultivo en sistemas de producción acuícola, son elementos fundamentales para la definición de criterios que permitan optimizar el manejo de las condiciones en que se desarrollan los organismos y lograr así un crecimiento máximo. El objetivo de este trabajo consistió en crear un modelo del desempeño metabólico en el camarón azul *L. stylirostris* ante un cambio de salinidad del medio, acorde a las fluctuaciones de este factor en estanques de crecimiento en una granja ubicada en el Estado de Chiapas. Se instaló un grupo experimental a 22 unidades prácticas de salinidad (ups) y un grupo control a 28 ups, ambos en condiciones de temperatura, pH y oxigenación constantes y similares al ambiente de cultivo. Se midió el cambio en la concentración del medio interno de los camarones ante el ajuste de salinidad durante un período de 50 horas, así como la tasa respiratoria de los camarones [ $QO_2$ :mg  $O_2$ /g p. seco \* h<sup>-1</sup>] en ciclos de 24 horas. Con base en estos registros se evaluó el tiempo requerido por los camarones, para alcanzar una compensación completa en su medio interno, así como los requerimientos de energía en especímenes de distinta talla, empleando calorimetría directa e indirecta. También se midió el consumo de alimento durante una corrida de crecimiento a partir de datos de suministro para conocer la eficiencia de asimilación de los organismos. Los resultados de tasa metabólica se expresan en índices de eficiencia parcial y aproximaciones a "raciones de manutención" para ambos tratamientos, discutiéndose las implicaciones de los distintos balances de energía en el manejo de los camarones en condiciones de cultivo.

## INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento demográfico en el planeta ha sido desmedido en las últimas décadas, sobre todo en aquellos países que se encuentran en vías de desarrollo. Conforme la población mundial aumenta la satisfacción de sus necesidades primarias se complica, por ejemplo la alimentación. Existen tres grupos principales de requerimientos nutritivos esenciales en la dieta del humano: carbohidratos, lípidos y grasas. Para poder consumir estos grupos se requiere de una dieta balanceada con cereales, verduras, frutas, legumbres, y productos de origen animal.

La domesticación y la explotación de cualquier ser vivo para consumo humano ha permitido al hombre tener asentamientos en muy diversas partes del mundo satisfaciendo sus necesidades fisiológicas sin tener que trasladarse. No obstante el conocimiento y manejo que han alcanzado sobre el cultivo de muchas especies vegetales y animales en la actualidad; es necesario seguir ampliando horizontes en donde se puedan obtener otras fuentes alimenticias, tal es el caso de la Acuicultura.

La Acuicultura es definida de acuerdo con el artículo 44 del reglamento de la Ley de Pesca vigente (1992) como: "El cultivo de especies de fauna y flora acuáticas, mediante el empleo de métodos y técnicas para su desarrollo controlado en todo estadio Biológico y ambiente acuático y en cualquier tipo de instalación". En este rubro se contempla la producción controlada de post-larvas, crías, larvas, huevos, semillas, cepas algales y esporas en laboratorio, o el desarrollo y engorda de éstos en estanques artificiales, lagos, presas, así como en instalaciones ubicadas en bahías, estuarios y lagunas costeras o en el medio marino.

Según la FAO (2000) Acuicultura es: "el cultivo de organismos acuáticos; incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas". Su desarrollo como actividad comercial comienza alrededor de la década de 1960 en el Este y sobre todo en el Sureste de Asia. En países tales como Indonesia, Tailandia y Filipinas, donde los lugareños propiciaron esta actividad después de haber observado como

se podían aprovechar las áreas que se inundaban con la marea y la lluvia en su época, lo cual permitía el crecimiento de diversos peces y crustáceos que eran aprovechados por el hombre en un área relativamente mucho más fácil de controlar, en vez de salir a buscar las poblaciones de éstos organismos en alta mar.

En la actualidad, los primeros países con actividad pesquera de captura y cultivo de animales y vegetales en peso vivo a nivel mundial son (sin incluir conchas, esponjas, corales, cocodrilos y mamíferos) China, Perú, Chile, Japón, EE.UU., India, Rusia, Indonesia y Tailandia, en el 15vo. lugar se encuentra México. (FAO, 2000)

La Acuicultura tiene el fin progresivo de suplementar el aporte nutritivo de pescado y mariscos protegiendo los límites poblacionales en la naturaleza. La acuicultura tiene el potencial de producir grandes cantidades de alimento rico en proteína a bajo costo (Madrid y Madrid, 1999).

En México, la actividad acuícola como producción comercial inició alrededor de 1975 alcanzando un gran auge en 1985, siendo el camarón el principal recurso cultivado. Sin embargo, se cultivan otras especies entre las que destacan: trucha, bagre, ostión americano, carpa, tilapia, rana, langostino, almeja catarina, peces de ornato, abulón y mejillón. La Tilapia, el ostión y la carpa son consumidos en un 79% de la producción total en el mercado nacional. Durante 1999 la producción total por Acuicultura fue de 166,333 toneladas, la cual representó el 12.93% del total de la producción pesquera nacional (SEMARNAP, 2000). Sin embargo, existen en nuestro país alrededor de 1.3 millones de embalses y 1.5 millones de hectáreas de lagunas litorales, lo que asociado a la variedad climática y diversidad de especies dulceacuícolas y marinas, hacen que se incremente el potencial productivo de estas especies así como la diversificación de otros cultivos.

La camaronicultura en México.

La abundancia del camarón en el litoral mexicano permitió que contribuyera con el 70% de las divisas totales generadas por el sector pesquero en la década de los 80's, con una captura entre 75,000 y 85,000 toneladas anuales, colocando

al país entre los primeros 10 del mundo (SEMARNAP, 1991); por tal motivo se convirtió en el mayor exportador de camarón a los Estados Unidos, sin embargo en los últimos años ha ocupado el tercer lugar dado que China y Ecuador incrementaron su producción (FAO, 2000).

El esfuerzo pesquero al que ha sido sometida la captura de camarón en México ha alcanzado los límites máximos permisibles para mantener las poblaciones naturales sin riesgo (De la Lanza y Gámez-Etermod, 1992). En consecuencia, los volúmenes de pesca del crustáceo se han mantenido relativamente constantes año con año a partir de la década de los 70's. Las repercusiones de tal situación para la camaronicultura han sido benéficas y se pueden traducir en un impulso directo a su desarrollo; de tal manera que para el año de 1985 la aportación por parte de la producción en cultivo a la producción pesquera de camarón representó el 7%, en 1989 el 26% y en 1999 el 30.5%. En este mismo año, la producción de camarón en granja contribuyó con el 12.9% del total de producción acuícola nacional (SEMARNAP, 2000).

En 1972 se realizaron los primeros cultivos experimentales en México pero la actividad permaneció rezagada por varios años debido, en gran medida, a la política gubernamental que definió al camarón como especie reservada al sector cooperativista. Este grupo, al tratar de incursionar en el cultivo de camarón se enfrentó con grandes problemas técnicos y económicos, lo que condujo, como consecuencia, su inevitable estancamiento. Posteriormente la Ley Federal de Pesca se modificó en forma tal que permitió la participación del sector privado en esta actividad, lo que tuvo como consecuencia que de dos granjas existentes en ese año, se alcanzara la cifra de 200 para 1990 con una producción de 5,500 toneladas de camarón, situando a México como el segundo productor en América después de Ecuador (CENAIM-ESPOL, 1998). En la década subsecuente (1990-2000), continuó el ritmo de crecimiento en esta industria. El principal motivo por el que la camaronicultura no mantuvo sus niveles de crecimiento anteriores fue el bajo dominio tecnológico. La carencia de conocimientos técnicos se combinó con una perspectiva económica muy prometedora y trajo consigo inversión y crecimiento sin consolidación ni sustentabilidad, que impactó los aspectos

económico y ambiental concernientes a la actividad (De la Lanza y Gámez-Eternod, 1992). Para el año de 1999 se registraron 347 granjas con 26,291 hectáreas y una producción de 29,120 toneladas anuales. Los estados de la República más importantes en el cultivo de camarón son Sonora, Sinaloa y Nayarit. Actualmente México es el 9° productor y cultivador mundial de camarón (SEMARNAP, 2000).

En el apéndice 1 se citan las principales especies de camarones comerciales en México, su distribución y los nombres taxonómicos actuales asignados por Pérez-Farfante y Kensler (1988).

En el apéndice 2 se describen los sistemas generales de cultivo de camarón que en México se llevan a cabo cuya diferencia consta de tres características: el tamaño de los estanques, la densidad de población y la procedencia de la post-larva (Garduño, 1999). A partir de esas tres características se derivan los requerimientos para satisfacer las necesidades del cultivo como son el tipo de estanques, la fertilización, la tasa de sobrevivencia, la producción anual, el recambio de agua o la alimentación; siendo esta última de gran importancia económica para el éxito de la producción como negocio dado que el gasto por alimentación puede ser estimado en más de 30% de los gastos en una corrida de producción (Martínez, 1999). Cabe resaltar que las características de los cuatro sistemas de cultivo en ocasiones se combinan a causa de los requerimientos y restricciones económicas, sociales y ambientales de cada centro de producción.

## ANTECEDENTES

La producción de camarón cultivado depende de factores ambientales, que deben conocerse a través del tiempo a nivel regional y local. Estos factores suelen relacionarse entre sí de distintas maneras presentando condiciones particulares en los medios de cultivo. Tal es el caso de las condiciones climáticas, las condiciones de los suelos de cultivo o la calidad del agua (Chávez, 1988); siendo esta última, fundamental y determinante en el desarrollo de los organismos en crianza. La calidad del agua se conforma de las relaciones entre parámetros físicos, químicos, fisicoquímicos y biológicos del medio acuático como la temperatura, salinidad, pH, concentración de oxígeno, nitrógeno, fósforo, calcio, riqueza y diversidad de plancton, etc. Estas relaciones propician ambientes particulares que influyen, alteran y hasta controlan directamente los procesos fisiológicos que se llevan a cabo en los organismos de cultivo; resulta entonces, imprescindible, conocer la dinámica propia del medio de cultivo para poder controlar el crecimiento de los organismos en cautiverio. Existen diferentes estudios fisioecológicos en los géneros de la familia Penaeidae, sobre los efectos de la salinidad del agua en la concentración de sodio y cloro en la hemolinfa (Castille y Lawrence, 1981), sobre la excreción de nitrógeno y cambios en los niveles de hemocianina (Chen et al., 1994-A), respuestas a distintas salinidades (Dalla, 1986), consumo de oxígeno y estimaciones de productividad (Lei et al., 1989), capacidad osmorregulatoria de acuerdo con el peso y estado de ecdisis (Lignot et al., 1999), la sobrevivencia y crecimiento resultantes a partir de efectos combinados como salinidad y temperatura (Ponce-Palafox et al., 1997; Chen et al., 1998; Lemaire et al., 2002), salinidad y oxígeno disuelto (Martínez, 1999) salinidad y cantidad de carbohidratos contenidos en la dieta (Rosas et al., 2001, 2002); o bien, diferentes efectos a partir de alguna alteración ambiental, por ejemplo la comparación de factores fisiológicos de dos especies sometidas a un mismo ambiente (Díaz y Latournerié, 1980), la capacidad osmorregulatoria y el crecimiento evaluada en ambientes de salinidad oscilatoria (Brito et al., 2000) o las variaciones en parámetros inmunitológicos a partir de inducciones de estrés fisiológico y ambiental (Perazzolo

et al., 2002) entre otros muchos trabajos realizados que han sido de gran utilidad para conocer detalladamente las características ecológicas y fisiológicas que guardan los camarones penéidos.

Todos los parámetros combinados con el factor tiempo, funcionan en conjunto. De acuerdo con un enfoque sistémico, la alteración en el medio externo puede promover cambios en la dinámica interna de los organismos, como la alteración en la concentración de sales e iones de la hemolinfa, o cambios fisiológicos y metabólicos como la excreción de aminoácidos libres, sales, incremento en el consumo de oxígeno o también cambios en el nivel etológico dependiendo del tipo de alteración ambiental. De lo anterior se infiere que es necesario conocer las múltiples respuestas por parte de los organismos ante las fluctuaciones en las condiciones ambientales con la finalidad de mantener condiciones de mortalidad mínima y crecimiento óptimo en sistemas controlados (Cisneros, 1990).

Se sabe que la capacidad osmorregulatoria depende en gran medida de la actividad de la "bomba de sodio-potasio" a nivel de membrana celular, así como de la concentración de amonio, sales e iones en el medio externo. La capacidad osmorregulatoria se ha propuesto como indicador fisiológico en la actividad regulatoria osmótica e iónica de crustáceos (Lin, 1993). Esta regulación se lleva a cabo en ambientes con salinidad distinta del punto iso-osmótico que para el caso de *Litopenaeus stylirostris* es de 26.2 ups (Lemaire et al., 2002) y requiere de energía (proveniente de la nutrición y reservas en los tejidos de los organismos), la cual se resta del total de energía que potencialmente se canaliza para actividad de crecimiento; consecuentemente, esto representa una pérdida directa sobre la inversión económica en sistemas controlados de cultivo. De igual forma, existen otros elementos ambientales, como la temperatura, considerada como el principal factor ecológico en el desarrollo de organismos acuáticos, que afectan directamente la actividad metabólica y en consecuencia, tienen incidencia directa en los niveles de energía que mantiene un organismo ya sea en un sentido de ahorro o de gasto excesivo.

La Bio-energética, y en particular la Ecología Energética, dedican sus estudios al análisis de las tasas de gasto de energía, las pérdidas, ganancias y las eficiencias de las transformaciones de ésta, en términos de unidades ecológicas bajo condiciones de campo. Desde un enfoque fisiológico, se puede evaluar la energía de los organismos a partir del alimento: sus propiedades nutritivas y su valor energético, su consumo y asimilación por parte del organismo y la distribución de la energía hacia la cobertura de las diferentes exigencias metabólicas propias de los organismos; por supuesto, esta cobertura depende de condiciones tales como temperatura, acidez, presencia de elementos metálicos y no-metálicos en el agua, fotoperiodo, salinidad, turbidez, sexo, talla, peso, edad, alimentación, densidad, estado en el ciclo de muda, entre otros (Duncan y Klekowski, 1975).

La ecuación general del balance energético propuesta por Phillipson en 1975 funciona como una medida cuantitativa de las relaciones de energía que guarda un animal con respecto a su alimentación y a su medio; esta ecuación se conforma de la siguiente manera:

$$[ C = P + R + F + U ] \quad (1)$$

donde:

*C* equivale al consumo (alimentación o ingesta en un lapso determinado), *P* es la producción (incremento en la biomasa como consecuencia del crecimiento somático o producción gonadal), *R* denota la respiración (energía metabólica de los procesos de asimilación), *F* es la eliminación (egesta o producción de heces), y *U* es excreción de compuestos nitrogenados (deshechos catabólicos en forma de orina o por vía branquial). Sus términos son expresados en calorías o Joules por unidad de tiempo.

Esta ecuación está basada en la Primera Ley de la Termodinámica (Phillipson, 1975) y resulta una herramienta útil para modelar las relaciones de las tasas de intercambio de energía entre los organismos y su medio, además de permitir el establecimiento de puntos de equilibrio para obtener un crecimiento máximo. Consiste en la deducción de gastos energéticos de manutención y

crecimiento a partir de una inversión inicial y un aporte constante de energía en el sistema. El conocimiento de este balance para los organismos de cultivo en sus distintas etapas de crecimiento, permite sugerir los requerimientos energéticos mínimos suficientes por parte de la respiración y alimentación para lograr la mejor tasa de crecimiento:

$$[ P = C - (R + F + U) ] \quad (2)$$

En el presente estudio se determinan los elementos de la ecuación del Balance de Energía en una población artificial de *Litopenaeus stylirostris* en forma parcial, evaluando los costos de alimentación y las condiciones de crecimiento en estanques de cultivo de tipo semi-intensivo. Se distingue el efecto que puede tener la oscilación de la salinidad disuelta en el agua de los estanques de cultivo sobre el metabolismo de los organismos de estudio; esto considerando que el área donde se cultivan presenta oscilaciones constantes de salinidad entre 20 y 30 ups como consecuencia de fenómenos meteorológicos diversos tales como lluvia y evaporación; la respuesta esperada de los camarones deberá ser un ajuste constante en su metabolismo regulatorio hasta alcanzar un equilibrio dinámico.

## OBJETIVOS

Los propósitos de este trabajo son:

- a) Distinguir el marco ambiental en el ciclo de cultivo estudiado
- b) Calcular el flujo de energía en camarones azules (*L. stylirostris*) a partir de una modificación a la Ecuación General del Balance Energético de Phillipson (1975).
- c) Conocer el nivel de ajuste y el tiempo de respuesta en el medio interno de los organismos a partir de alteraciones en la salinidad del medio externo.
- d) Establecer una aproximación de los límites de las eficiencias en el flujo energético para estos organismos.
- e) Plantear una propuesta alternativa para hacer más eficiente el manejo de los organismos con respecto a los costos de alimentación.

Para ésto, se establecieron los siguientes objetivos particulares:

1. Conocer la oscilación de los principales elementos de calidad del agua en el ambiente de cultivo como parte de su manejo durante un ciclo de producción.
2. Medir algunos elementos de la Ecuación General del Balance de Energía a partir de ensayos experimentales: pérdida de energía por metabolismo respiratorio y de excreción.
3. Conocer las condiciones de nutrición y crecimiento en un ciclo de producción.
4. Evaluar el tipo y tiempo de respuesta osmótica ante cambios de salinidad entre 28 y 22 ups.
5. Determinar el requerimiento energético diario para los organismos sometidos a 22 y 28 ups.
6. Distinguir la mejor combinación de los factores que intervienen en el ambiente de cultivo para obtener un crecimiento máximo basado en los requerimientos energéticos y el manejo administrativo de la granja.

## ÁREA DE ESTUDIO

### Granja America Aquatech.

Se realizó una visita durante la semana del 11 al 17 de julio del año 2000 a la granja ubicada en el municipio de Pijijiapan en el estado de Chiapas (Fig. 1). Se ubica entre los 15°25' y 15°50' de latitud norte y 93° 00' y 93°25' de longitud oeste en la cuenca del Río Pijijiapan; su clima es cálido sub-húmedo con lluvias en verano; presenta una precipitación anual inferior a los 2000 mm y en el mes más seco tiene menos de 60 mm; la temperatura media anual es de 27.8 °C y cuenta con vegetación típica de manglar (INEGI, 1987).

En la granja se lleva a cabo un cultivo de tipo "Semi-intensivo" en ocho estanques de dimensiones entre 3 y 10 hectáreas cada uno, con 1.60 m. de profundidad, los cuales rutinariamente se fertilizan con dolomita, magnesio y cal mixta; se siembra a una densidad de 30-35 organismos por metro cuadrado; se someten al efecto de 8 aireadores por estanque por períodos de 5 hr; se alimenta 4 veces al día un total de 30 kg/estanque; se realiza un recambio de agua del 10% semanal por estanque y se obtiene una sobrevivencia final aproximada de 70%. En el año de 1999 manifestaron aparición del Síndrome del Taura.

## MÉTODOS

En este ensayo se utilizaron individuos de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* en estadio juvenil criados en sistemas artificiales. El conjunto de procedimientos que se llevaron a cabo en este trabajo se describen a continuación.

a) Seguimiento de las condiciones ambientales y de manejo de cultivo *in-situ* a lo largo de un ciclo de producción.

Se tomaron datos de calidad del agua, condiciones de insolación, alimentación, crecimiento y sobrevivencia de los organismos en los ocho estanques de la granja durante el segundo ciclo de cultivo del año 2000 correspondiente al período entre el 4 de junio y el 9 de octubre de ese año. La información fue recabada por personal de la granja (Apéndice 3) y se analizó de la siguiente forma.

1. Análisis de calidad del agua.

Se tomaron medidas de pH, oxígeno disuelto y temperatura dos veces al día (pH: 5 a.m. y 2 p.m., O<sub>2</sub>: 5 a.m. y 10 p.m. y temperatura: 5 a.m.-10 p.m.), salinidad y transparencia una vez al día. Se compararon estadísticamente las condiciones en el tiempo y entre estanques para verificar el posible efecto del recambio de agua sobre las condiciones del sistema. El recambio de agua se contabilizó como el número de eventos ocurridos por día. También se compararon en el tiempo los cambios en la turbidez y coloración del agua con respecto a los eventos de recambio-fertilización por estanque aplicados por parte del propio manejo del cultivo. La transparencia se tomó como una medida indirecta de producción de fito y zoo plancton en la columna de agua. El efecto de la materia inorgánica suspendida fue discriminado por la minimización de corrientes dentro de las unidades productivas. La coloración en los estanques fue medida en forma cualitativa señalando entre tonalidades verdes y cafés, asumiendo la presencia de fitoplancton como predominante en las aguas verdesas y contrariamente zooplancton en las zonas pardas.

2. Condiciones de insolación

La cantidad de energía solar recibida en la granja, se midió únicamente en forma cualitativa (Fig. 3). Bajo el criterio de una sola persona, se tomaron registros para la representatividad de las condiciones de insolación; esto basado en cuatro categorías: a) soleado, si el cielo se mostraba despejado y el resplandor del sol era libre, b) medio nublado, si el cielo no era claro pero el cielo brillaba en forma intensa, c) nublado, si el cielo era cerrado y el resplandor del sol era parcial y d) lluvioso, si se presentaban eventos de precipitación.

### 3. Análisis de consumo, crecimiento y mortalidad.

Los organismos se nutrieron con alimento balanceado de alto rendimiento<sup>1</sup> en tres presentaciones diferentes de acuerdo con el tamaño de partícula (tipo II:1mm, tipo III:1.5mm y tipo IV:2mm) según el ritmo de crecimiento de los animales. Se aplicó diariamente en 4 raciones iguales a las 06, 12, 17 y 23 hrs. Se obtuvieron estimadores de consumo, crecimiento y supervivencia como el Factor de Conversión Alimenticia, la Tasa Instantánea de Crecimiento y la Tasa de Mortalidad:

$$[ FCA = \text{alimento suministrado} / \text{producción de biomasa} ] \quad (3)$$

$$[ TIC = \text{peso final} - \text{peso inicial} / \text{cambio de tiempo} ] \quad (4)$$

$$[ TM = 1 - \text{organismos cosechados} / \text{organismos sembrados} ] \quad (5)$$

a partir de los registros de alimento diario, biomasa acumulada y número de organismos sembrados y cosechados en los estanques.

#### b) Colecta y aclimatación a condiciones de laboratorio

En el estanque número 8 de la granja, con una extensión de 3 hectáreas de espejo de agua y 1.50 m. de profundidad, se realizaron mediciones de temperatura<sup>ii</sup>, pH<sup>iii</sup>, conductividad<sup>iv</sup>, turbidez<sup>v</sup>, salinidad<sup>vi</sup>, oxígeno<sup>vii</sup> y nitrógeno disueltos<sup>viii</sup>. Se tomaron 2 mediciones al día durante dos días en los puntos de entrada y salida de agua en el estanque para verificar la homogeneidad en la calidad del agua del sistema. Del mismo estanque 8, se colectaron organismos

<sup>i</sup> Marca RANGEN proveniente de Texas, EEUU

<sup>ii</sup> Analizador múltiple de calidad del agua digital marca Cole Pamer

<sup>iii</sup> Disco de Secchi

<sup>iv</sup> Refractómetro de mano Atago modelo S -10

<sup>v</sup> Oxímetro YSI modelo 51 B ( $\pm 0.05$  mg O<sub>2</sub> / l)

<sup>vi</sup> Kits de análisis químico Tetra

juveniles de la especie *Litopenaeus stylirostris* con peso húmedo promedio de 5.38 gramos (en un intervalo de 4.99-5.77g con un nivel de confianza 95%) en distintos puntos al azar del estanque experimental obteniendo un tamaño de muestra aproximado de 300 individuos. Se acondicionaron en las instalaciones de laboratorio simulando las características fisicoquímicas de los estanques: temperatura ( $30 \pm 0.5$  °C.), salinidad (28 ups) y aireación (superior a 3.0 mg/l) a las del estanque de origen con agua proveniente del mismo. Los ejemplares se aclimataron a las condiciones de laboratorio por un período mínimo de 6.5 horas previo a cualquier tratamiento experimental. Se tomó una sub-muestra de 100 organismos en la cual se obtuvieron 9 clases-talla (Apéndice 6) en las que se incluyeron tanto machos como hembras. Se sometió a un ambiente con temperatura constante y salinidad de 22 ups procedente de una dilución del agua del estanque de origen (28 ups). Esta sub-muestra se utilizó para medir la capacidad de respuesta de los camarones al cambio de salinidad y para conocer la eficiencia de pérdida de energía bajo esta condición.

c) Evaluación de índices morfométricos y de tejido

De la muestra experimental se midieron características morfométricas como Longitud Total (LT): desde el telson del sexto segmento abdominal (parte final del abdomen) hasta la espina antenal, Longitud del Cefalotorax (LCT): desde la parte final del Cefalotórax, en la región dorsal media, hasta la espina antenal, Peso (peso húmedo: PH) y sexo (mediante la determinación de presencia o ausencia de petasma) (Martínez, 1999).

Algunos organismos se deshidrataron a 60° C por 10 días para obtener el peso seco. A partir de la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de los especímenes se obtuvo un porcentaje de agua corporal promedio. También se obtuvo el contenido de materia orgánica y minerales de una sub-muestra de los organismos finamente molidos por incineración<sup>vi</sup> durante 3.5 horas y calculándose la diferencia entre el peso seco y el peso seco libre de cenizas. Posteriormente, se

---

<sup>vi</sup> Homo Lindberg a temperatura de 550° C

obtuvo el contenido de energía calórica del tejido por unidad de masa corporal (1 g) para las 9 clases, mediante el método de calorimetría directa<sup>vii</sup> (Beezer, 1980).

d) Cambio osmótico.

Para medir el cambio en el medio interno de los organismos se tomaron 10 individuos del grupo control (28 ups) en el tiempo inicial y 7 del grupo experimental (22 ups) en cinco tiempos de medición entre 0 y 48 horas como sigue:  $T_0 = 0$  hr.,  $T_1 = 6$  hr.,  $T_2 = 12$  hr.,  $T_3 = 21$  hr.,  $T_4 = 27$  hr. y  $T_5 = 49$  hr. A cada individuo se le extrajo una muestra de hemolinfa que se desfibriló, posteriormente se centrifugó durante 13 min. a 10,000 rpm<sup>ix</sup> y se midió su osmoticidad<sup>x</sup>.

e) Índices fisiológicos ( $QO_2$ ,  $QN-NH_4$ ) y regulación del medio interno.

Para obtener estimaciones de la energía consumida por los animales a través de la vía respiratoria y de excreción bajo un metabolismo de rutina, es decir, en un nivel de metabolismo con actividad espontánea, se procuraron elementos constantes en las condiciones de los organismos como el ayuno, la temperatura, aireación, la etapa de crecimiento de los individuos experimentales y el tamaño de muestra. No se aplicó una distinción sexual debido a que no se presentaron diferencias significativas entre la distribución de pesos y tallas para hembras y machos. Se realizaron dos ciclos de respirometría en un sistema de 8 cámaras individuales cerradas con organismos elegidos en forma aleatoria y bajo condiciones de temperatura constante. Se midieron 4 tiempos por cada ciclo de 24 horas para los organismos a 28 y 22 ups. En el caso de los organismos sometidos a baja salinidad, se procedió al ensayo respirométrico hasta que presentaron un equilibrio osmótico.

La secuencia en los tratamientos de respirometría, fue la siguiente: primero una aclimatación mínima de 3 horas de los organismos a las condiciones de las cámaras respirométricas, luego una medición inicial de oxígeno disuelto<sup>xi</sup> y nitrógeno combinado seguida de un cierre hermético de la cámara. Una vez

<sup>vii</sup> Bomba calorimétrica modelo PARR 1341 ( $\pm 0.005$  °C) estandarizada previamente con ácido benzoico.

<sup>ix</sup> Centrífuga Hermle Z-320

<sup>x</sup> Osmómetro automático marca Osmette mod. SPS.

<sup>xi</sup> Oxímetro YSI Mod. 51B ( $\pm 0.5$ mgO<sub>2</sub>/l)

transcurrido un período de 60 minutos en el que no hubo intercambio de oxígeno o agua de las cámaras con el exterior, se realizó una lectura final seguida del re-acondicionamiento del recambio continuo hasta recuperar los niveles de oxígeno del agua original. El nitrógeno combinado se midió por medio de la técnica de azul de indofenol (Rodier, 1978, APHA-AWWA,1989), mediante la cual se midió absorbancia y transmitancia en las muestras de agua de las cámaras experimentales al inicio y término de los períodos de medición referidos para el ensayo de respirometría<sup>vi</sup>. Se ajustó el metabolismo respiratorio medido con respecto de la temperatura mediante el factor de conversión Q10 propuesto por Winberg (Duncan y Klekowski, 1975). Los valores correspondientes a consumo de oxígeno y excreción nitrogenada fueron convertidos a su equivalente de pérdida de energía por medio de coeficientes calóricos  $Q_{OX}$  (3.31 cal/mg O<sub>2</sub>) y  $Q_{EX}$  (4.05 cal/mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) respectivamente (Brafield y Solomon, 1972, González, 1990).

f) Cálculo de los costos metabólicos de producción y pérdida de energía

De acuerdo con la distribución de la muestra estudiada, se tomaron organismos "tipo" a partir de los individuos representativos de las clases-talla 2, 4 y 6 para modelar en ellos algunos de los estimadores propuestos en la ecuación general del balance energético, específicamente para conocer su energía de manutención. Estos valores se componen esencialmente por: Respiración  $R$ , y excreción nitrogenada  $U$  (Phillipson, 1975). Cada uno de ellos se aproximó a partir de los modelos desarrollados anteriormente para un lapso de 24 horas. Paralelamente se modeló un balance energético bajo el supuesto de gasto metabólico a 22 ups. Se ponderaron en forma cualitativa elementos como la nutrición natural y artificial, la mortalidad y las condiciones ambientales para conocer su afectación en el sistema.

g) Aproximación de rendimiento económico

Se transformaron los balances de eficiencia metabólica en costos de producción a partir de los datos correspondientes a la descripción financiera de la empresa en ese ciclo de cultivo (Miao, S. y Tang, 2002). Para conformar un balance económico del ciclo se utilizaron variables clasificados como ingresos

<sup>vi</sup> Espectrofotómetro Spectronic 20- D Milton Roy a una longitud de onda de 640 nm

globales, egresos fijos y egresos variables de acuerdo con el manejo administrativo de la propia granja. Esta clasificación de variables se aplicó en forma mensual desglosada de la siguiente manera:

- ingresos globales.- precio de venta por kilogramo aplicado al total de la producción.
- egresos fijos.- sueldos y honorarios, impuestos y prestaciones del personal, gastos administrativos, gastos de alimentación del personal, gastos de viajes y restaurantes, misceláneos, seguros, renta de la tierra, otros
- egresos variables.- alimento de camarón, compra de postlarvas, combustibles y lubricantes y mantenimiento.

Los equivalentes para cada rubro fueron reportados por la granja para la corrida inmediata anterior y calculados a partir de la tasa de inflación según el Índice Nacional de Precios al Consumidor (mensual) provisto por el Banco de México.

#### h) Análisis estadístico

En los datos sobre calidad de agua se utilizaron análisis de varianza y pruebas de hipótesis "t de student" para conocer la homogeneidad de los parámetros entre estanques y en el tiempo. Se aplicaron métodos descriptivos para caracterizar la población experimental. También se emplearon análisis de regresión y contrastes múltiples de medias en los comparativos morfométricos y en los resultados de aclimatación a 22 ups. Para considerar los datos experimentales de  $QO_2$  y  $QNH_4$  se aplicaron análisis de varianza y modelaciones a partir de regresiones lineales y potenciales con intervalos de confianza de 95%. Igualmente se obtuvieron intervalos de confianza para las medidas de cambio de medio interno (Zar, 1974)<sup>xiii</sup>.

---

<sup>xiii</sup> Programas de cómputo: STATGRAPHICS, STATISTICA y SPSS

## RESULTADOS

### 1. Condiciones ambientales durante el ciclo de cultivo.

#### Análisis físico y químico del agua.

Cada uno de los parámetros medidos en este estudio: temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad, fue comparado en el tiempo en forma individual y entre estanques para distinguir comportamientos particulares o definir patrones de cambio comunes (Cuadro 1); también se relacionó su cambio con eventos de recambio (Fig. 2) de agua aplicado por el personal y con la variación en la incidencia solar sobre la granja (Fig. 3).

#### Temperatura

Este parámetro se puede considerar como constante en el tiempo. Presentó una medida promedio de 31°C con un intervalo de confianza entre 30.5 y 31.5 °C. También se puede considerar homogéneo entre los estanques de cultivo debido a que no se observaron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 2). El principal factor que incidió sobre este parámetro fue la calidad en la incidencia solar sobre el lugar (Cuadro 3). El único estanque que presentó una temperatura media menor a 31 °C fue el 2 con 30.9 °C.

#### pH

El pH presentó una variación considerable a lo largo del tiempo y entre estanques. Esto se puede observar debido a su escala logarítmica. En el ciclo de cultivo se manifestó un promedio de 8.1 con un intervalo de confianza de 0.17; Se aplicó un análisis de covarianza (Cuadro 2) en el cual, las variaciones en el pH de los estanques en el tiempo no son tan homogéneas como en el caso de la temperatura y se puede pensar en un comportamiento independiente de cada estanque en el sistema. Dentro de cada unidad de producción, el pH mostró relaciones en su cambio con la salinidad y el oxígeno presentes (Cuadro 3). Los estanques con promedio pH menor a 8.0 fueron 2, 3 y 6 en tanto que el 1 presentó un nivel superior a 8.5.

#### Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto promedio fue superior a 3 mg/L, por lo que no puede considerarse como limitante. Su oscilación entre estanques (Cuadro 2) se mostró amplia y definitivamente se puede decir que las condiciones en cada estanque se dan sin presentar relaciones directas entre los confinamientos de cultivo. Durante las semanas 4 y 10 del ciclo, se presentaron bajas espontáneas, aunque con poca duración gracias a la acción inmediata de recambio. La oscilación en los niveles de sal del sistema estuvo altamente relacionada con el oxígeno disuelto en el agua, especialmente en los estanques 2 y 3, donde un análisis de correlación (Cuadro 3) reflejó una relación altamente significativa entre estos elementos.

#### Salinidad

La salinidad osciló entre 23.9 y 25.6 unidades prácticas de salinidad (ups); este parámetro presentó diferencias significativas entre estanques (Cuadro 2), además por alteraciones puntuales en las semanas 5 y 13 relacionadas con las variaciones meteorológicas de los días anteriores. En algunos estanques se manifestó una relación clara con la variación de oxígeno y pH (Cuadro 3). A partir de la semana 16, la intensificación de recambios alteró considerablemente los estanques que aun no habían sido cosechados.

#### Recambio de agua

En cada evento de recambio de agua el porcentaje de recambió fue variable entre un 5 y 10%. De esta manera se ajustó un número de eventos semanales (Fig. 2), el cual no fue sistemático como parte del manejo en estanquería, sino que fue aplicado de acuerdo con los eventos de mortalidad masiva, cambios drásticos en la tonalidad del agua o alteración de algún parámetro físico o químico particular (Fig. 4). Los estanques 3 y 5 tuvieron un mayor número de eventos de recambio semanalmente. A partir de la semana 13 los recambios se hicieron frecuentes y continuados conforme se presentaron altas mortalidades hasta las fechas de cosecha.

#### Incidencia solar

En general, a lo largo del ciclo se presentó un clima nublado-medio nublado, solamente en las semanas 6 y 11 se presentaron días de sol continuo. Durante la semana 16 se presentó el único evento de lluvia, mismo que coincidió

con alteraciones en los parámetros físicos y químicos del agua, especialmente la salinidad; y además tuvo relación con la aparición de enfermedades en el sistema como la Mancha Blanca, que repercutió directamente en el desempeño general del cultivo.

Análisis de dinámica planctónica en el agua

Turbidez

La transparencia fue variable tanto en el tiempo, como entre estanques (Cuadro 4); por ejemplo el estanque 1 presentó una transparencia media de 20.69 cm. con un intervalo de confianza de 1.54 en tanto que el estanque 5 presentó 61.32 cm. con un intervalo de confianza de 14.73. Un punto recomendable de transparencia es de 40 cm constantes según Martínez (1999). A lo largo del tiempo no se observó una relación directa entre los cambios en la transparencia y los recambios de agua: los eventos de recambio fueron mínimos hasta la semana 16. Tampoco se distinguieron relaciones entre la transparencia y los eventos de fertilización aplicados a lo largo del ciclo. En general se pueden considerar como aceptables los niveles de transparencia obtenidos en las dos primeras semanas y después de la semana 15, ambos tiempos críticos en el cultivo por tratarse de la siembra de organismos y de la etapa con alta tasa de mortalidad a causa de enfermedades y cosecha.

Fertilización

Los eventos de fertilización en la granja se aplicaron al inicio, previo a la siembra de organismos, en la parte media del ciclo (semana 10) y en las semanas 14 y 15 como un esfuerzo por estabilizar la producción natural de los estanques. Existieron eventos aislados en algunos estanques sin un patrón determinado, en cuyo caso no se obtuvo una respuesta clara en los efectos buscados. Cada evento de fertilización consistió en la aplicación de 200 kg de cal hidratada a lo largo de un estanque. Únicamente en los eventos de las semanas 14 y 15 se puede encontrar una relación directa con el cambio posterior de transparencia e incluso con la coloración del agua (Fig. 5), aunque también en esta parte del ciclo se presentaron altas tasas de mortalidad.

Tonalidad

En general los estanques presentaron un comportamiento similar (Cuadro 4), donde a partir de la segunda semana predominó la presencia de fitoplancton en el sistema, y hasta la semana 15 se observa un cambio drástico hacia los tonos pardos correspondientes a la presencia de zooplancton. Este comportamiento se manifiesta en forma similar a la disminución de la transparencia y se puede considerar como una respuesta directa a los eventos intensivos de fertilización realizados antes de la siembra y en las semanas 14 y 15. Ambas, transparencia y tonalidad, no presentan una asociación clara con las condiciones meteorológicas presentadas a lo largo del ciclo de cultivo (Figs. 3 y 5).

#### Análisis de consumo de alimento, crecimiento y mortalidad

##### Alimentación

El alimento cumple con los requerimientos (Shiau, 1998) para contribuir a la completa nutrición de los organismos cultivados (Apéndice 4 y Cuadro 5). El nivel de ración en los estanques fue variable durante el ciclo dependiendo de las tasas de mortalidad y del crecimiento observado, se mantuvo un aumento continuo en las cantidades de alimento suministrado desde el inicio del ciclo de cultivo hasta la semana 12, donde se estabilizó la proporción hasta la semana 15; a partir de este punto se comenzó a limitar el alimento (Fig. 7). En las primeras semanas del cultivo se aplicó una ración diaria de 1.42% de la biomasa total en peso húmedo; a partir de la semana 13, las proporciones de alimento dependieron directamente de los reportes de bajas entre las poblaciones de cultivo.

Las proporciones de suministro de alimento con respecto a la cantidad de biomasa en los ocho estanques se mantuvieron constantes, aunque en el estanque 2 se aplicó menor cantidad de alimento. Los períodos de transición entre un tipo de alimento y otro (Fig. 7) son de entre 19 y 39 días para el primer cambio de alimento (tipo II y III) y de 16 a 27 días en la segunda conversión (tipo III y IV).

##### Supervivencia y crecimiento

Las tasas de supervivencia en cada estanque fueron variables y oscilaron entre 25 y 45% excepto en el estanque 2, donde la mortalidad fue de 90.1%. Los eventos de mortalidad se presentaron en forma continua a partir de la segunda semana y en forma moderada. En el cuarto mes del ciclo se practicaron cosechas

de emergencia originadas por eventos de mortalidad masiva. En los estanques 1, 2, 4 y 6 se cosechó en la semana 15-16, mientras que en los estanques 3, 5, 7 y 8 fue hasta la semana 18. El síndrome reportado como responsable de las altas mortalidades en las últimas semanas fue el de Virus de la Mancha Blanca (Apéndice 5).

El crecimiento semanal promedio fue de 1.04 g y se obtuvieron organismos con un peso promedio de 17.85 g en aproximadamente 16-18 semanas con un promedio de 0.75 toneladas de producción por hectárea. La tasa de conversión alimenticia alcanzó un promedio de 2.93 con variación principalmente en el estanque 2 debido a las distintas tasas de mortalidad (Cuadro 6). Como total de producción se obtuvieron 39.92 toneladas entre los ocho estanques de cultivo.

## 2. Estimación de índices metabólicos

### Calidad del agua durante la fase experimental

Las condiciones del agua se pueden considerar homogéneas durante este periodo, debido a la poca variación que presentaron los parámetros medidos (Cuadro 7). La temperatura y la salinidad mostraron una variación mínima, y el resto de los parámetros se ubicaron dentro de los límites del óptimo de crecimiento para los animales cultivados (Velasco *et al.*, 1999).

### Índices morfométricos y del tejido

Algunas diferencias fueron distinguidas entre los sexos de la población a partir de una prueba estadística *t* de Student ( $P = 0.05$ ). Por ejemplo, los machos presentaron menores pesos en la distribución y las hembras tuvieron mayor variación entre el grupo. Aunque existieron diferencias entre tallas, se mantuvieron las proporciones en el resto de las relaciones alométricas, por lo cual, tanto hembras como machos se manejaron como una misma población en el resto de los tratamientos.

De acuerdo con los análisis estadísticos realizados, se obtuvieron relaciones de peso húmedo contra longitud total y de longitud total contra longitud cefalotorax (Cuadro 8), los cuales revelaron concordancias proporcionales entre las diferentes medidas anatómicas.

En el caso de los organismos deshidratados para conocer su peso seco, se obtuvo un porcentaje de agua corporal promedio de 75.99% con un intervalo de confianza de 0.92. No se percibió una distinción clara entre los intervalos de clase-talla.

Se obtuvo un contenido de materia orgánica promedio de  $0.89g \pm 0.02$  en un gramo de tejido seco. Asimismo se encontró un contenido de  $4473.8 \pm 562.9$  calorías por gramo de tejido seco.

#### Aclimatación a 22 ups y cambio osmótico

A partir de la alteración en el medio externo de los organismos, se obtuvo un nuevo punto de estabilidad 27 horas después del estímulo (Fig. 8). A partir de este nuevo estado compensatorio se observó un valor osmótico ( $451.2 \pm 55.3$  miliosmoles a las 49 horas) menor al punto de equilibrio en el que inicialmente se encontraban los organismos a 28 ups ( $855 \pm 34.0$  mOsm.). Este cambio no se relacionó significativamente con un cambio en el porcentaje de agua corporal o con el contenido de energía al alcanzar su nuevo punto de equilibrio.

#### Índices fisiológicos

##### Tasa respiratoria

Se realizó una modificación al factor q (Duncan y Klekowski, 1975) para temperaturas mayores a 30 °C con base en la ecuación

$$\left[ y = 7.1848e^{-0.096x} \right] \quad (6)$$

cuyo ajuste  $R^2$  es de 0.84 y su comparativo  $\chi^2$  con los datos originales es de 1.00 con 2 grados de libertad (Cuadro 9). Los resultados de tasa respiratoria se pueden observar en el cuadro 10. A partir de ellos se obtuvo una ecuación de tasa respiratoria con respecto del peso seco para cada uno de los ciclos experimentales (Cuadro 11). Los valores obtenidos a partir de los modelos matemáticos, no variaron significativamente entre sí; tampoco se pudieron distinguir diferencias entre los intervalos de clase-talla. Se observaron tendencias en cuanto al comportamiento metabólico de los organismos en el tiempo (Fig. 9). Los organismos bajo condiciones de salinidad de 28 ups mostraron mayor variación entre las fases de luz y oscuridad, así como un aumento en su actividad

entre las 11 y 20 horas. Los organismos sometidos a 22 ups reflejaron una variación considerable entre individuos para cada tiempo y una tendencia hacia la mayor actividad durante la fase de luz en comparación con la fase de oscuridad.

Tasa de excreción nitrogenada

En forma paralela al tratamiento de tasa respiratoria, se obtuvieron las medidas de excreción de nitrógeno que se muestran en el cuadro 12, con ellas se obtuvieron dos aproximaciones de la excreción media para los organismos experimentales (Cuadro 13). Las tendencias estadísticas indican un promedio de excreción mayor en la salinidad más baja, aunque con variabilidad considerable. También se observaron variaciones en las tasas de excreción en ciclos de 24 horas (Fig. 10). Los animales acondicionados a salinidad de 28 ups no presentaron una excreción mayor a 0.2mg / hr en tanto que los individuos en aguas de menor salinidad (22 ups) presentaron valores promedio hasta de 0.6 mg/hr con aumentos y decrementos considerables tanto en la fase de luz como en la fase oscura.

### 3. Balanceo de pérdida de energía

Los modelos de gasto energético se distinguieron entre las salinidades 22 y 28 ups (Cuadro 14), se apreciaron diferencias entre los organismos-tipo en cuanto a su eficiencia metabólica. Los ejemplares de menor talla requirieron de un porcentaje de energía de manutención mayor por unidad de peso (Fig. 11) (Dall,1986). Aun cuando las ecuaciones de regresión de tasa respiratoria no mostraron diferencias estadísticamente consistentes, existieron tendencias a la variación entre organismos de salinidades 22 y 28 ups, sobre todo en las tallas menores: conforme aumentó la cantidad de biomasa de los organismos, estas diferencias disminuyeron.

### 4. Aproximación de rendimiento económico

El resultado obtenido en el balance para la producción (Cuadro 15) durante el ciclo no fue positivo con respecto a las cifras referentes a la inversión. Esto se puede apreciar por medio de las siguientes cifras:

Duración del ciclo de cultivo: 4 junio-9 octubre 2000

Área productiva: 25.08 ha.

Precio de venta:	60.00 \$/kg.
Producción total:	39,919.00 kg.
Ingreso total:	\$ 2,395,140.00
Egresos variables:	\$ 1,904,771.37
Egresos fijos:	\$ 786,868.84
Saldo:	<b>\$ -,296,500.22</b>

Estos resultados fueron afectados directamente por las tasas de mortalidad presentes en los estanques de cultivo a lo largo del ciclo.

## DISCUSIÓN

Parámetros físicos, químicos y fisicoquímicos durante el ciclo de cultivo.

La dinámica ambiental en los estanques de cultivo es de vital trascendencia para el comportamiento fisiológico de los animales en explotación. En ocasiones, las condiciones ambientales en cada estanque de cultivo difieren entre sí y el conjunto de confinamientos se distingue de los sistemas naturales que le proveen de agua constantemente. Se puede esperar un control más efectivo de la situación ambiental en la zona de cultivo dependiendo del nivel de intensificación del cultivo (Thongrak *et al.*, 1997). Este control se traduce como una alta homogeneidad en condiciones de metabolismo óptimo, lo cual representa tasas máximas de crecimiento en los ciclos de engorda.

En este estudio, se pueden distinguir algunos matices en la variabilidad de las condiciones de acuerdo con los parámetros observados a lo largo del ciclo de cultivo examinado. Estos matices están marcados por dos elementos principales: las condiciones climatológicas y el manejo del sistema, es decir, la forma y tipo de alimentación, la fertilización, el recambio, etcétera. La forma en que se afectan los ambientes de cultivo también varía de acuerdo al tipo de afectación y su duración. Lo anterior se puede observar claramente en el comportamiento de parámetros como la temperatura: ésta fue variable y recibió influencia considerable debido a la incidencia solar a lo largo de toda la corrida de crecimiento.

El caso del potencial de iones de Hidrógeno (pH) fue más variable que la temperatura. Cada estanque mostró su propia condición con respecto del resto; esto dependiendo del potencial de oxidación-reducción presente por efecto de la presencia de oxígeno, la actividad microbiana de reciclaje de nutrientes y las características que adquieren los fondos de los estanques durante su vida útil, así como los niveles de salinidad en el agua. Está visto que, aun cuando se manejan todos los estanques de confinamiento de la misma manera, con la misma agua y los mismos suelos, sus niveles de producción microbiana, su retención de oxígeno disuelto (por efecto de los vientos, principalmente) varían en forma independiente; siendo este último fundamental para el crecimiento de organismos acuáticos y

especialmente de penéidos (Rosas *et al.*, 1999 y 2002; Lemos *et al.*, 2001; Perazzolo *et al.*, 2002). El oxígeno disuelto promedio presente en los ambientes de crecimiento resultó estadísticamente homogéneo entre estanques y en el tiempo. Además de que mostró cifras superiores a los límites para un crecimiento óptimo. Su relación con la salinidad es el principal determinante de la estabilidad que mantuvo. Sin embargo, existieron afectaciones puntuales (semanas 4 y 10 del ciclo) que no lograron ser amortiguadas por los sistemas en cada estanque. Por el contrario, requirieron de acciones francas por parte del personal responsable tales como acciones de flujo de agua en sustitución-recambio con agua proveniente del área de reserva.

A diferencia del oxígeno disuelto en el agua, la salinidad no es un parámetro cuyo control sea factible a través de recambio continuo. Esto debido a que se requieren mayores volúmenes de agua entrante a distintas salinidades (dependiendo si hubieron bajas o altas) y no siempre es rentable o práctico en su manejo. Los cambios en la salinidad dependen de la tasa de evaporación y de la cantidad de lluvia que se incorpora en el agua de los estanques de engorda. Este parámetro en particular dentro de la calidad del agua resulta fundamental en el crecimiento de organismos como los penéidos (Ponce-Palafox *et al.*, 1997). Las cifras de salinidad deben mantenerse lo más cercanas posible al punto iso-osmótico e iso-iónico del animal, es decir, que la cantidad y el tipo de sales en el medio externo del animal son, si no iguales, sí equivalentes electro-químicamente a las de su interior, por lo cual no requiere de un gasto de energía metabólica para mantener un equilibrio fisiológico en el interior de sus células distinto del exterior (Brito y Rosas, 2000). La sobrevivencia en ambientes hiper- o hipo-osmóticos requiere de una regulación del medio interno de los organismos, lo cual disminuye la energía potencial de crecimiento. De igual manera, los cambios frecuentes en la salinidad ambiental, inducen un estrés fisiológico que también implica un gasto energético en osmo-regulación hasta alcanzar un nuevo equilibrio (Chen y Lin, 1998(c)). En la corrida estudiada, el cambio de salinidad se mantuvo por debajo de los límites de iso-osmoticidad (Lemaire *et al.*, 2002); puntualmente osciló entre 23.9 y 25.6 ups, en tanto que el punto iso-osmótico está propuesto en 26.2 ups (a

temperatura de 22-26 °C para juveniles de 7 gr. peso húmedo). Después de la semana 16, una tasa de recambio alta afectó la salinidad de los estanques considerablemente, y consecuentemente, el crecimiento de los camarones.

El recambio de agua se presentó como el mínimo-indispensable para mantener condiciones homogéneas en los parámetros fisicoquímicos de los confinamientos. Esto tuvo consecuencias positivas parciales, como en el caso de la salinidad o el oxígeno disuelto, pero también evitó un saneamiento de los microorganismos proliferados en forma natural y propiciados por los eventos de fertilización y la introducción de alimento artificial. Esta microbiota, al paso del tiempo pudo haber originado patogenicidad para los organismos de producción. Evidentemente, los sistemas de control para la entrada de plancton y microbentos no son estrictos, ya que no se cuenta con la infraestructura para ello, pero el recambio de agua, permite el movimiento de las poblaciones, su dilución y su control natural por medio de redes tróficas, lo cual reduce la posibilidad de perjuicio a los animales de producción. En el caso de la corrida analizada, los recambios se realizaron hasta que se detectaron enfermedades, como un esfuerzo para sanear el sistema y evitar pérdidas. Desafortunadamente, estos recambios tardíos alteraron parámetros como pH y salinidad y posteriormente obligaron a los animales en crecimiento a implementar mecanismos fisiológicos de respuesta, lo que aumentó las probabilidades de infección en individuos sanos y redujo las posibilidades de sobrevivencia en organismos infectados.

La incidencia solar es un elemento ambiental principal para los sistemas de cultivo. La cantidad de energía en forma de luz y calor que provee el sol repercute en la temperatura, disolución de oxígeno, producción primaria y comportamiento de los camarones. El único período con afectación considerable en la cantidad de sol ofrecida ocurrió en la semana 16. En esta misma semana, se presentaron eventos de precipitación y se detectó la presencia de enfermedad en los estanques de cultivo. Aunque posteriormente se reestableció la cantidad de sol, el rendimiento en producción sufrió bajas considerables.

La turbidez como parámetro de calidad del agua, representa la presencia de plancton en la columna de agua, así como la cantidad de sólidos no-

sedimentados. Este parámetro depende, en el caso de la producción primaria, directamente de la energía solar. Seguidamente, el fitoplancton y el zooplancton mantienen interacciones de herbivoría y depredación que arman, en su conjunto, un medio nutritivo alterno a la alimentación artificial en los animales de interés productivo (Funge-Smith y Briggs, 1998). Este medio nutritivo provee de nutrientes que el pelletizado no contiene y que en complemento, dan como resultado una alimentación balanceada (Teichert-Coddington *et al.*, 2000). En los estanques de cultivo, se mostró una alta variabilidad en la transparencia de cada estanque e incluso resultó complicada su estabilidad en el tiempo, sobre todo durante la etapa de recambio continuo (semana 16-18). En general el dominio de fitoplancton sobre zooplancton, detectado por el color en el agua de los estanques, fue firme. Este efecto no sufrió afectaciones significativas por causa de los eventos esporádicos de fertilización, pero sí se observó un cambio considerable en la tonalidad durante los días de precipitación.

Alimentación, sobrevivencia y crecimiento.

La provisión de alimento es una de las mayores salidas de recursos en las empresas productoras acuícolas (McIntosh *et al.*, 2001). El alimento proporcionado debe cubrir los requerimientos nutritivos para asegurar el máximo crecimiento de los animales en engorda (Kureshy y Davis, 2002). Además se debe proporcionar en cantidades adecuadas y el número de veces suficiente para tener a disposición alimento reciente (Velasco *et al.*, 1999). El alimento también puede ser un factor de afectación en la calidad del agua (Smith *et al.*, 2002), un exceso de suministro redunda en la producción de microorganismos descomponedores que se nutren del mismo alimento y que pueden o no ser benéficos al sistema de producción. El alimento suministrado en la granja, cumple a satisfacción con las necesidades reportadas para *L. stylirostris*. El alimento a razón de 1.42% del peso húmedo de los organismos con un porcentaje de proteína cruda de 40% se puede considerar como suficiente para asegurar un crecimiento continuo de los animales. Con respecto al tipo de alimento suministrado, resalta una clara falta de control en el tamaño de partícula proporcionado durante el ciclo. El tamaño de partícula resulta importante en función de la mecánica de alimentación y del tiempo de

disolución del pelletizado en el agua. Debido a que se siembran organismos de la misma edad, y se mantienen condiciones de máximo crecimiento, no se debe esperar una variación considerable en la distribución de tallas de los animales a lo largo del tiempo, por lo cual el período de cambio en el tamaño de alimento de una partícula pequeña a otra de mayor tamaño no debe ser prolongado. En la granja se presentaron períodos de transición entre un tipo de alimento y otro hasta de 39 días en algunos estanques. No es recomendable que esto dependa de la disposición de alimento, sino de las tallas en las poblaciones en producción.

Las tasas de sobrevivencia en la corrida analizada distan mucho de lo esperado. La presencia del Virus de la Mancha Blanca, promovió la aparición del síndrome del mismo nombre que condujo a sobrevivencias bajas: 25-45%. Como ya se ha mencionado, la calidad del agua es un factor determinante en la diseminación del virus, en su probabilidad de infección y por lo tanto, en la motivación de mortalidades masivas. Es sabido que no existe algún método para sanar este tipo de enfermedades (Yoganhandan *et al.*, 2002), y de igual manera no se puede prevenir la intromisión del virus a los ambientes en sistemas semi-intensivos; lo único que se puede hacer es mantener a los organismos lo mejor nutridos posible, esperando que resistan el embate del patógeno y mantener las condiciones ambientales en niveles prósperos y estables, evitando así que el entorno mismo se convierta en un factor estimulante de infección. También es recomendable mantener revisiones profilácticas constantes y de esta manera poder prevenir infecciones masivas inesperadas o tomar medidas de emergencia a tiempo (Chávez, 1998).

El crecimiento semanal promedio estuvo en los intervalos esperados, lo cual corrobora una nutrición eficiente. Las tallas alcanzadas en 18 semanas (promedio 17.85 g) se encuentran dentro de las tallas comerciales (Kureshy y Davis, 2002). Contrariamente, un estimador común de eficiencia en la asimilación de nutrientes como es la tasa de conversión alimenticia alcanzó un promedio de 2.93. Esta cifra es considerablemente alta en comparación con sistemas de cultivo intensivo de Asia, donde se ha reportado un factor de conversión alimenticia promedio de 1.6 y hasta de 1.2 (Asian Shrimp Culture Council, 1992). La

diferencia para este caso radica en la afectación por parte de la sobrevivencia. Por supuesto, que esto varía entre estanques, siendo el más afectado el estanque 2, cuyas tasas de mortalidad semanal alcanzaron un global de 90%.

#### Estimación de índices metabólicos

Los índices morfométricos obtenidos experimentalmente coinciden con lo reportado en la literatura (Spaargaren, 1997). El mantenimiento en las proporciones de peso-volumen se interpretan como un crecimiento adecuado debido a una densidad de siembra conveniente. El requerimiento mínimo de espacio vital en los organismos conforme crecen, aumenta. Cuando se manejan altas densidades de siembra ( $>50 \text{ ind/m}^2$ ) se pueden presentar situaciones tales como crecimiento en proporciones peso-volumen (P/V) anormales o comportamiento de canibalismo (Martínez, 1999). También la proporción de cantidad de agua en el tejido es un indicador de densidades adecuadas de siembra y crecimiento normal. Conforme crecen los penéidos, aumenta la cantidad de alimento que necesitan ingerir diariamente, y con ello, se incrementan sus exigencias de incorporación de agua, manteniendo un porcentaje de agua corporal aproximado de 75%.

Los análisis de contenido calórico del tejido (4473.8 cal/g) revelan una alta incorporación de energía en el tejido; esto justifica el alto contenido de proteína en el alimento como principal fuente de disponibilidad energética. Definitivamente este contenido de energía varía conforme el organismo de cultivo avanza a estadios de sub-adulto o adulto; también el requerimiento de energía para producción de tejido se ve afectado por los periodos de ecdisis, en los cuales, el aporte de energía para el crecimiento de exoesqueletos es considerable.

El cambio experimental en la salinidad del agua en la que se colocaron los organismos (28-22 ups) obedeció a los reportes de oscilación manifestados por la misma granja. Es de esperarse que un descenso en la salinidad ocasionara una respuesta por parte de la capacidad osmorregulatoria de los organismos cultivados. Esta respuesta de ajuste en la concentración de solutos de la hemolinfa logró estabilizar el medio interno de los organismos 27 horas después de la alteración de su entorno. En este tiempo, los individuos experimentales

requirieron de un gasto energético para reducir el valor osmótico de su hemolinfa de  $855 \pm 34$  a  $451.2 \pm 55.3$  mOsm, todo esto a temperatura constante (28 °C). Castille y Lawrence (1981) propusieron para *L. stylirostris* un punto iso-osmótico en 24 ups en juveniles y sub-adultos. Más recientemente Lemaire (2002) encontró un nuevo punto de equilibrio osmótico en 735 mOsm, a 26.2 ups. En cualquiera de estos casos, es evidente que fuera del punto de equilibrio, ya sea en una situación de hiper- o hipo-osmoticidad, se requiere de cierta energía para mantener esta condición en el tiempo. Con esto se infieren dos gastos energéticos distintos para el organismo: el primero al experimentar un cambio en el medio externo hasta estabilizarse y el segundo, para mantener esa situación de estabilidad regulatoria del medio interno con respecto del externo. Esto, para efectos prácticos se traduce como la necesidad de mantener las condiciones de salinidad del agua en el cultivo lo más cercano posible al punto de equilibrio osmótico y la exigencia de evitar lo más posible las oscilaciones constantes en los niveles de salinidad a lo largo del tiempo.

Lo anterior, se puede observar directamente en la tasa respiratoria. Aunque los resultados arrojados por los procesos experimentales son estadísticamente similares, se pueden observar tendencias que promueven un gasto diferencial de energía entre los organismos sometidos a diferentes salinidades. Es evidente la tendencia en los organismos en un medio de 22 ups a utilizar una mayor cantidad de energía involucrada en la tasa respiratoria, aunque también con mayor variabilidad. De igual forma los organismos más pequeños en el intervalo de clases-talla analizado también realizan un gasto mayor con respecto de su respiración en comparación con los individuos de mayor talla.

En cuanto al cambio en la tasa metabólica de los organismos en un ciclo de 24 horas, se pueden apreciar períodos de mayor actividad durante la fase de luz, a diferencia de la fase de oscuridad. Se infiere un gasto de energía máximo entre las 14 y las 20 horas para los organismos confinados en ambas salinidades experimentales (22 y 28 ups).

Asimismo, la tasa de excreción nitrogenada mostró diferencias considerables entre los organismos con salinidad diferencial. La mayor excreción

representa un gasto energético mayor, lo cual se observó a 22 ups sin mostrar homogeneidad en un ciclo de 24 horas. En cambio, los organismos con mayor salinidad, mostraron un gasto por excreción bajo y constante, lo que refleja un equilibrio de ahorro metabólico.

Si se utilizan los resultados obtenidos en este trabajo con un enfoque productivo, se puede pensar en un "Diseño de sistemas acuícolas basado en el enfoque fisiológico" tal y como lo propone Spaargaren (1997). En este tipo de diseño, además de contar con todos los requerimientos técnicos para el tipo de cultivo que se planea, se deben tener en cuenta las demandas metabólicas de los organismos de producción para manejar situaciones ambientales idóneas y alcanzar un crecimiento máximo. Tener en cuenta las oscilaciones en algunos parámetros de calidad del agua como la salinidad, seguramente se refleja en la biomasa producida y constituye un desperdicio de energía invertida por vía del alimento y canalizada en actividades propias del metabolismo regulatorio como el mantenimiento de la homeostasis, la alteración en la tasa respiratoria y la elevación en las cantidades de nitrógeno amoniacal excretado. Al mantener condiciones estables y cercanas a las medidas de metabolismo óptimo, se puede esperar que la energía captada por ingestión converja en procesos de producción de biomasa y por lo tanto en un rendimiento económico mayor.

El modelo propuesto para los elementos de la Ecuación General del Balance Energético (Phillipson, 1975) sugiere una energía potencial de crecimiento para organismos en el intervalo de clases-talla estudiados con efecto de la salinidad (28-22 ups). Esta energía potencial de crecimiento es mayor en la salinidad de 28 ups y coincide con los resultados anteriormente comentados. De esta forma en los sistemas "fisiológicamente diseñados" se debe tomar en cuenta esta información para mantener condiciones que favorezcan el metabolismo de crecimiento y no el de regulación que inclusive tiene desventajas inherentes como la disminución en la eficiencia de inmunidad a patógenos y cambios de tipo etológico.

Rendimiento económico

El desempeño económico de la granja America Aquatech para este ciclo de cultivo se apartó por mucho de lo esperado. Algunas situaciones como la alta tasa de mortalidad y los egresos excesivos dieron como resultado una pérdida contundente para la empresa. Definitivamente, se pueden sugerir medidas en dos vertientes primarias: manejo del sistema de organismos en cautiverio y administración. En el primer caso, se requeriría de una planeación integral de cada ciclo de cultivo, en el que se introdujeran parámetros de control más estrictos, tales como análisis de calidad del agua que incluyesen la riqueza y diversidad de microbiota presente en los estanques, análisis de calidad del agua tales como dureza, alcalinidad, presencia de elementos traza, etcétera (Wang y Leiman, 2000). También se podrían implementar sistemas de tipo "invernadero" para controlar los efectos climáticos sobre los estanques de cultivo. Otro punto de avance sería la revisión continua de individuos provenientes de los estanques para monitorear su crecimiento y estado de salud. También es recomendable tener en cuenta la calidad del alimento que se suministra para evitar posibles pérdidas en su consumo. Una vez implementado un sistema con puntos clave de control para el manejo de los organismos, se puede pensar en implementar las condiciones que motiven un metabolismo encauzado a la producción máxima de biomasa y con ello elevar los rendimientos de la empresa.

En el caso administrativo, se deben evaluar las diferentes salidas que existen con respecto del balance económico y determinar líneas que guíen los egresos hacia el aumento en producción a corto, mediano y largo plazo. Evitar el dispendio en diversos rubros de tal forma que se obtenga un ahorro y se mantengan estándares de calidad en la producción, y consecuentemente se obtenga un rendimiento al final de cada ciclo.

## CONCLUSIONES

- ❖ Aunque se mantuvo un sistema de calidad del agua homogéneo a lo largo del ciclo de cultivo, la alteración puntual en algunos parámetros como consecuencia de fenómenos meteorológicos condujo al surgimiento de eventos de mortalidad súbita.
- ❖ En el ciclo de cultivo, las raciones de alimento aplicadas fueron suficientes, lo cual se reflejó en un crecimiento constante, sin embargo se observó un factor de conversión alimenticia promedio alto debido a las altas tasas de mortalidad que se presentaron en las últimas semanas del ciclo.
- ❖ Las energías mínimas de manutención en un metabolismo de rutina referidas como tasa respiratoria y de excreción nitrogenada, mostraron tendencias hacia un gasto diferencial al someter los organismos a distintas salinidades. En el caso de la tasa metabólica no se encontraron diferencias significativas, pero sí se pudo observar una inclinación hacia un mayor consumo de oxígeno en los organismos a 22 ups. Con respecto de las tasas de excreción de nitrógeno se advirtió un mayor gasto energético en los organismos sometidos a 22 ups. en comparación de animales bajo condiciones de 28 ups.
- ❖ El requerimiento energético ( $R + U$ ) de los organismos tipo fue mayor en las tallas menores y disminuyó conforme aumentó la talla, lo cual es una consecuencia de la descenso en el ritmo metabólico conforme se incrementa la cantidad de biomasa.
- ❖ El cambio de salinidad inducido de 28 a 22 ups en el medio externo de los camarones promovió un ajuste regulatorio de la presión osmótica en el medio interno que alcanzó un equilibrio diferencial de 855 mOsm a 451 mOsm en un tiempo de ajuste de 29 horas.
- ❖ El rendimiento económico se puede mejorar, teniendo en cuenta una mayor disciplina en la relación de egresos y bajo una planeación de "metabolismo óptimo-crecimiento-óptimo" en los ambientes de cultivo, lo cual incide directamente en gastos como el recambio o la alimentación.

## BIBLIOGRAFÍA

- ❖ APHA-AWWA. 1989. Standard methods for the examination of water and freshwater. Washington. E.U.A. Tomos I, II y III.
- ❖ Asian Shrimp Culture Council. 1992. FCR and Farm size of intensive shrimp culture in Thailand. Asian Shrimpo News. 10. 1.
- ❖ Beezer, A. E. 1980. Biological Microcalorimetry. Academic Press. New York. pp.483.
- ❖ Brafield, A. E. y D. J. Solomon. 1972. Oxy-calorific coefficients for animals respiring nitrogenous substrates. Comp. Biochem. Physiol. vol. 43a. pp.837-841.
- ❖ Brito, R. Chimal, M. E. y Rosas, C. 2000. Effect of salinity in survival, growth, and osmotic capacity of early juveniles of *Farfantepenaeus brasiliensis* (decapoda: Penaeidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 244. pp. 253-263.
- ❖ Castille, L.F. Jr. & Lawrence A. 1981. The effect of salinity on the osmotic sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 68A. pp. 75-80.
- ❖ CENAIM-ESPOL. 1998. El Mundo Acuícola. Vol. 4. p. 45.
- ❖ Chavez, S. M. 1998. Manual de cultivo de camarón para granjas camaronícolas en el estado de Sinaloa. BANCOMEXT. México. pp. 31-55.
- ❖ Chen, Jian-Chu, Chen, Chung-Tin & Cheng Sha-Yen. 1994(a). Nitrogen excretion and changes of hemocyanin, protein and free amino acid levels in the hemolymph of *Penaeus monodon* exposed to different concentrations of ambient ammonia-N at different salinity levels. Marine Ecology Progress Series. Vol. 110. pp. 85-94.
- ❖ Chen, J. & L. Jin-Nien. 1998(b). Osmotic concentration and tissue water of *Penaeus chinensis* juveniles reared at different salinity and temperature levels. Aquaculture 164. pp 171-181.
- ❖ Cisneros. S. 1990. Influencia de la salinidad, temperatura, sustrato y época del año sobre la regulación del medio interno y la sobrevivencia de *Penaeus aztecus Ives* de Tamiahua, Ver. Tesis de licenciatura. UNAM. pp. 51.

- ❖ Dall, W. 1986. Estimation of routine metabolic rate of some marine planktonic crustacea. Biol. Bull. Vol. 119. pp. 399-415.
- ❖ Dalla, G. J. 1986. Salinity responses of the juvenile Penaeid shrimp *Penaeus japonicus*. I. Oxygenation Consumption and Estimations of Productivity. II Free amino acids. Aquaculture. Vol. 55. pp. 297-316.
- ❖ De la Lanza, E. G. y S. Gámez-Eternod. 1992. Análisis del estado de la camaronicultura en México hasta el año 1991. México. Instituto de Biología. UNAM.
- ❖ Díaz, H. F. y J. R. Latournerié. 1980. Factores fisiológicos que afectan la supervivencia y el metabolismo energético de dos especies de penéidos (*P. aztecas* y *P. setiferus*) de la laguna de Mandinga Veracruz. Tesis de licenciatura. UNAM. p. 38.
- ❖ Duncan, A. y R.Z. Klekowski. 1975. Parameters of an energy budget. En: W. Grodzinsky, et. al. Methods for ecological energetics. IBP. 24. Blackwell Sci. Pub. Oxford. pp. 353-362.
- ❖ FAO. 2000. El estado mundial de la Pesca y la Acuicultura en 2002. Roma. Italia. pp. 142.
- ❖ Funge-Smith, S.J. y Briggs, M. R. P. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. Aquaculture. Vol. 164. pp. 117-133.
- ❖ Garduño-Argueta, H. 1999. Capítulo IX: Cultivo de Camarón. En: Auró, A. Producción Acuícola. Apuntes para la materia de Producción Acuícola. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- ❖ Gonzalez, M.I. 1990. Aspectos de las relaciones de energía en camarones juveniles de la especie *Penaeus aztecus Ives* de Tamiagua, Ver. en su ambiente natural. Tesis de licenciatura. UNAM. p. 57.
- ❖ INEGI, 1987. Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de Chiapas. INEGI. p. 223.
- ❖ Kureshy, N. y Davis, D. A. 2002. Aquaculture. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. Vol. 204. pp. 125-143.

- ❖ Lei, C. H., Hasieh, L. Y., Chen, C. K. 1989. Effects of salinity on the oxygen consumption and ammonia-N excretion of young juveniles of the grass shrimp, *Penaeus monodon fabricius*. Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica Vol. 28. pp. 245-256.
- ❖ Lemaire, P. Bernard, E. Martinez-Paz, J. A. y Chim, L. 2002. Combined effect of temperature and salinity on osmoregulation of juvenile and subadult *Penaeus stylirostris*. Aquaculture. Vol. 209. pp. 307-317.
- ❖ Lemos, D. Phan, V. N., Álvarez, G. 2001. Growth, oxygen consumption, ammonia-N excretion, biochemical composition and energy content of *Farfantepenaeus paulensis* Pérez-Farfante (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) early postlarvae in different salinities. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 261. pp. 55-74.
- ❖ Lignot, J. H. Cochard, J. C. Soyeux, C., Lemaire, P. y Charmantier, C. 1999. Osmoregulatory capacity according to nutritional status, molt stage and body weight in *Penaeus stylirostris*. Aquaculture. Vol. 170. pp. 79-92.
- ❖ Lin, H. P. 1993. Effects of the ammonia survival and osmoregulation of various development stages of the shrimp *Penaeus japonicus*. Marine Biology Vol. 117. pp. 591-598.
- ❖ Madrid, A. y R. Madrid. 1999. El pescado y sus productos derivados. Mundi-Prensa. Madrid. España. p. 390.
- ❖ Martínez, L. R. 1993. Camaronicultura, bases técnicas y científicas para el cultivo de camarones Penéidos. AGT Editor. México. pp. 27-38.
- ❖ Martínez, L. R. 1999. Cultivo de camarones penéidos: principios y prácticas. AGT Editor. México. p. 283.
- ❖ McIntosh, D. Tzachi, M. S. Jones, E. R. Lawrence, A. L. Horowitz, S. y Horowitz, A. 2001. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water and sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. Aquacultural Engineering. Vol. 25. pp. 69-82.

- ❖ Miao, S. y Tang, H. 2002. Bioeconomic analysis of improving management productivity regarding grouper *Epinephelus malabaricus* farming in Taiwan. Aquaculture. Artículo en Prensa.
- ❖ Panikar, N. K. 1968. Osmotic behaviour of shrimp and prawns in relation to their Biology and culture. en: Chen, Jian-Chu & Lin, Jin-Nien. 1998. Osmotic concentration and tissue water of *Penaeus chinensis* juveniles reared at different salinity and temperature levels. Aquaculture Vol. 164. pp. 171-181.
- ❖ Perazzolo, L. M. Gargioni, R. Ogliari, P y Barranco, M. A. 2002. Evaluation of some hemato-immunological parameters in the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* submitted to environmental and physiological stress. Aquaculture. Vol. XX. Artículo en prensa.
- ❖ Perez, F. I. y Kensler, J. 1988. Illustrated key to Penaeoid shrimps of commerce in the Americas. U.S. Department of commerce. NOAA. E.U.A. p: 32.
- ❖ Phillipson, J. 1975. Introduction to ecological energetics. En: W. Grodzinsky. Methods for ecological bioenergetics. IBP. 24 Blackwell Sci. Publ. Oxford p: 3-13.
- ❖ Ponce-Palafox, J. Martínez-Palacios, C. A. y Ross, L. G. 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. Aquaculture Vol. 157. pp. 107-115.
- ❖ Rodier, J. et. al. 1978. Análisis de las aguas Omega. Barcelona. España. p. 1050.
- ❖ Rosas, C. Martínez, E. Gaxiola, G. Brito, R. Sánchez, A. y Soto L. A. 1999. The effect of dissolved oxygen and salinity on oxygen consumption, ammonia excretion and osmotic pressure of *Penaeus setiferus* (Linnaeus) juveniles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 234. pp. 41-57.
- ❖ Rosas, C. Cuzon, G. Gaxiola, G. Le Priol, Y. Pascual, C. Rossignol, J. Contreras, F. Sánchez, A. y Wormhoudt, A. 2001. Metabolism and growth of juveniles of *Litopenaeus vannamei*: effect of salinity and dietary carbohydrate levels. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 259. pp. 1-22.
- ❖ Rosas, C. Cuzon, G. Gaxiola, G. Pascual, C. Taboada, G. Arena, L. y Wormhoudt, A. 2002. An energetic and conceptual model of the physiological

- role of dietary carbohydrates and salinity on *Litopenaeus vannamei* juveniles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 268. pp. 47-67.
- ❖ SEMARNAP. 1991. Anuario estadístico de Pesca 1989. México. p. 206.
  - ❖ SEMARNAP-BANCOMEXT. 1995. Oportunidad de negocio: camarón *Litopenaeus vannamei*. México. p. 91.
  - ❖ SEMARNAP. 2000. Anuario estadístico de Pesca 1999. México. pp. 41-43,189, 199.
  - ❖ SEPESCA. 1992. Ley de pesca y su reglamento. México. p. 68.
  - ❖ Shang, Y. C. Leung, P. y Ling, B. 1998. Comparative economics of shrimp farming in Asia. Aquaculture. Vol. 164. pp. 183-200.
  - ❖ Shiau, S. Y. 1998. Nutrient requirements of penaeid shrimps. Aquaculture. Vol. 164. pp. 77-93.
  - ❖ Smith, D. M. Burford, M. A. Tabrett, S. J. Irvin, S. J. y Ward, L. 2002. The effect of feeding frequency on water quality and growth of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). Aquaculture. Vol. 207. pp. 125-136.
  - ❖ Spaargaren, D. H. 1997. Physiological constraints in shrimp cultures. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 118a. No. 4. pp. 1371-1376.
  - ❖ Teichert-Coddington, D. R. Martínez, D. y Ramírez, E. 2000. Partial nutrient budgets for semi-intensive shrimp farms in Honduras. Aquaculture. Vol. 190. pp. 139-154.
  - ❖ Thongrak, S. Prato, T. Chiayvareesajja, S. y Kurtz, W. 1997. Economic and water quality evaluation of intensive shrimp production systems in Thailand. Agricultural Systems. Vol. 53. pp. 121-141.
  - ❖ Velasco, M. Lawrence, A. L. y Castille, F. L. 1999. Effect of variations in daily feeding frequency and ration size on growth of shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), in zero-water exchange culture tanks. Aquaculture Vol. 179. pp. 141-148.
  - ❖ Wang, J. K. y Leiman, J. 2000. Optimizing multi-stage shrimp production systems. Aquacultural Engineering. Vol. 22. pp. 243-254.

- ❖ Yoganandhan, K. Thirupathi, S. y Hameed, A. S. S. 2002. Biochemical, physiological and hematological changes in white spot síndrome virus-infected shrimp, *Penaeus indicus*. Aquaculture. Artículo en prensa.
- ❖ Zar, J. H. 1974. Biostatistical Analysis. Ed. Prentice May Englewood Cliffs. E.U.A. p. 620.

## Figuras y Cuadros

- Figura 1. Mapa del municipio de Pijijiapan en el estado de Chiapas, México.
- Figura 2. Eventos de recambio promedio por semana en la granja.
- Figura 3. Insolación semanal en la granja de cultivo.
- Figura 4. Frecuencia de recambios semanales en los estanques de cultivo.
- Figura 5. Comparativo entre recambio, transparencia, tonalidad y fertilización en estanques de cultivo.
- Figura 6. Suministro de alimento en los estanques de cultivo.
- Figura 7. Cantidad de alimento promedio suministrado en el tiempo.
- Figura 8. Cambio en el medio interno posterior a una alteración en la salinidad de los organismos 28-22 ups.
- Figura 9. Oscilación de la tasa metabólica de los organismos experimentales en un ciclo de 24 horas a 22 y 28 ups.
- Figura 10. Cambio en la tasa de excreción nitrogenada en los organismos estudiados en un ciclo de 24 horas a distintas salinidades.
- Figura 11. Requerimientos de energía de manutención para *L. stylirostris* de distinta talla a dos salinidades.
- Cuadro 1. Parámetros físico-químicos por estanque durante el ciclo de cultivo.
- Cuadro 2. Análisis de Covarianza entre estanques por parámetro físico-químico.
- Cuadro 3. Correlaciones presentes entre parámetros físico-químicos del agua por estanque.
- Cuadro 4. Recambio, turbidez y coloración en los estanques de cultivo.
- Cuadro 5. Contenido del alimento proporcionado a los organismos de cultivo.
- Cuadro 6. Crecimiento, sobrevivencia y aprovechamiento del alimento en los estanques de cultivo.
- Cuadro 7. Parámetros físico-químicos de la calidad del agua en el estanque 8 durante la fase experimental.
- Cuadro 8. Relaciones alométricas de *L. stylirostris* juveniles en este estudio.
- Cuadro 9. Ajuste de factor "q" para la conversión de tasas respiratorias en temperaturas mayores de 30 °C.

- Cuadro 10.** Medición de tasa respiratoria para los organismos estudiados.
- Cuadro 11.** Ecuaciones de Regresión para tasa respiratoria de *L. stylirostris* a dos salinidades.
- Cuadro 12.** Excreción nitrogenada de *L. stylirostris* en función de la salinidad y hora del día.
- Cuadro 13.** Promedio de la tasa de excreción nitrogenada en individuos experimentales.
- Cuadro 14.** Requerimiento energético diario para *L. stylirostris* de distinta talla a dos salinidades.
- Cuadro 15.** Balance económico de producción en el ciclo 2000.

**PAGINACIÓN**

**DISCONTINUA**

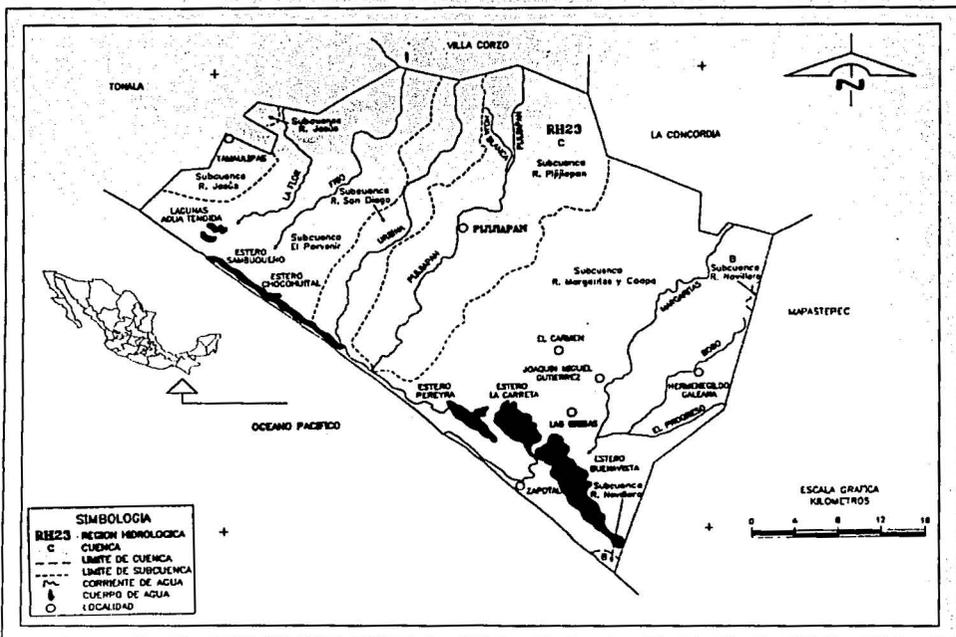


Figura 1. Municipio de Pijijiapan en el estado de Chiapas, México.

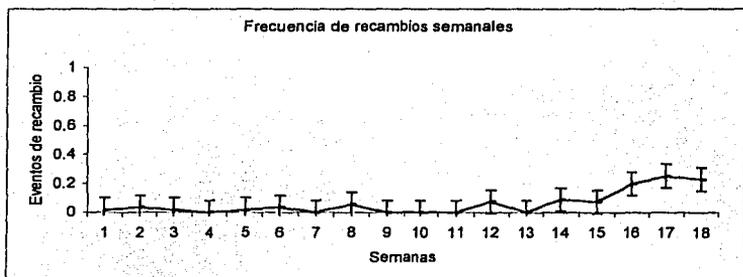


Figura 2. Eventos de recambio promedio por semana en la granja.

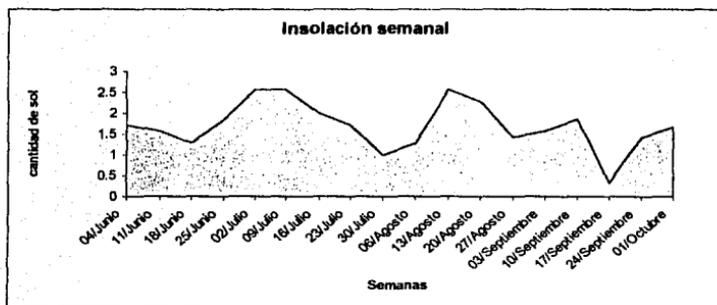


Figura 3. Insolación semanal en la granja de cultivo.  
 Para medirla, se utilizaron parámetros cualitativos diarios de la siguiente forma:  
 0 (lluvioso), 1 (nublado), 2 (medio nublado) y 3 (soleado).

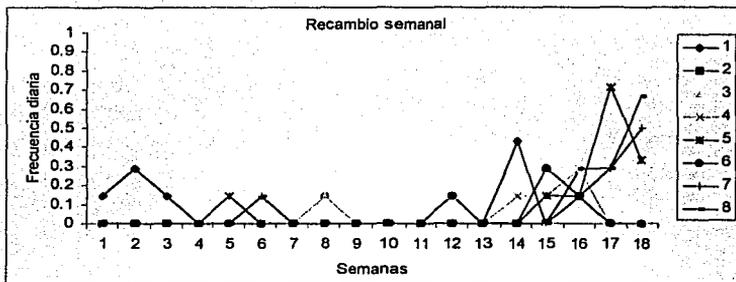


Figura 4. Frecuencia de recambios semanales en los estanques de cultivo.

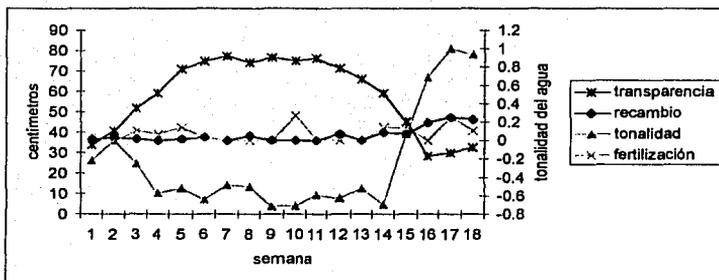


Figura 5. Comparativo entre recambio, transparencia, tonalidad y fertilización en los estanques de cultivo.

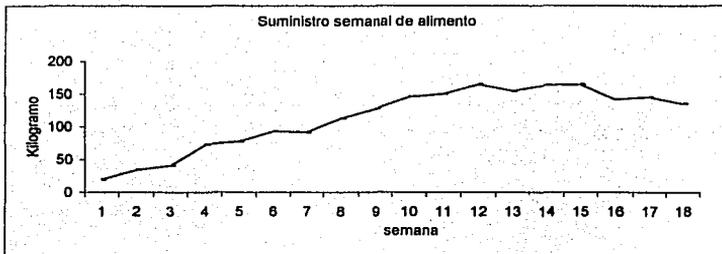


Figura 6. Suministro promedio de alimento en el tiempo en los estanques de cultivo.

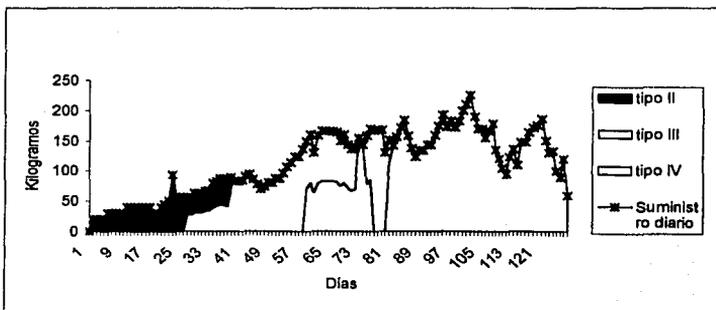
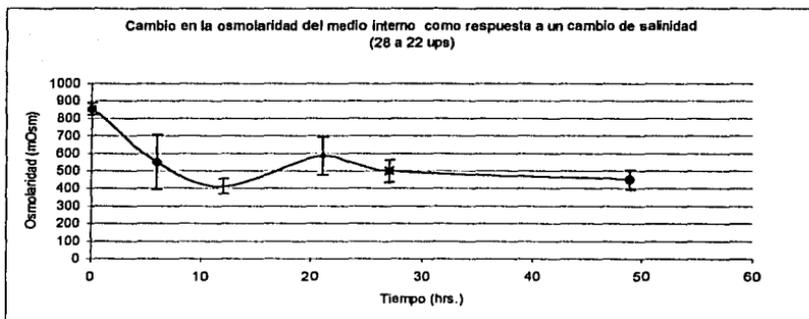


Figura 7. Alimento promedio suministrado en el tiempo.



**Figura 8. Cambio en el medio interno posterior a una alteración en la salinidad de los organismos 28-22 ups.**

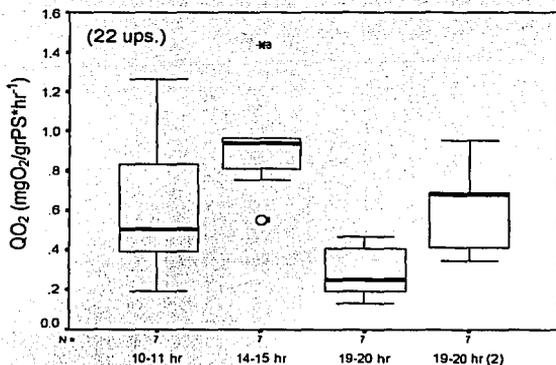
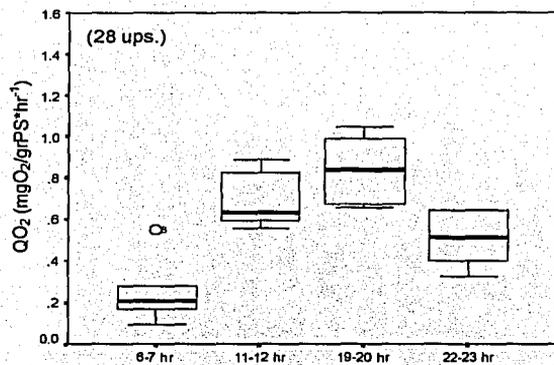


Figura 9. Cambio en la tasa metabólica de los organismos experimentales en un ciclo de 24 horas a 28 y 22 ups.

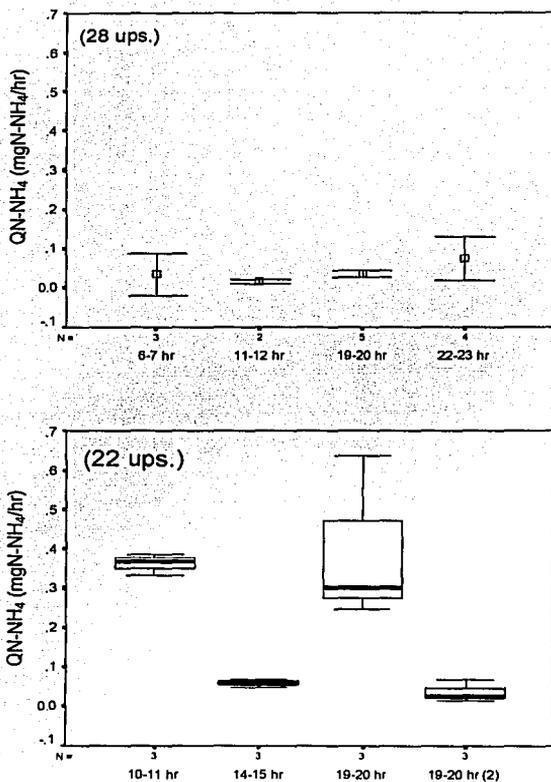


Figura 10. Cambio en la tasa de excreción nitrogenada en los organismos estudiados en un ciclo de 24 horas a salinidades de 28 y 22 ups.

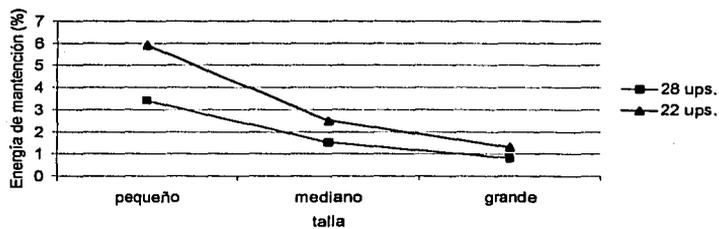


Figura 11. Requerimientos de energía de mantención para *L. stylirostris* de distinta talla a dos salinidades.

**Cuadro 1. Parámetros físico-químicos por estanque durante el ciclo de crecimiento.**

Número de estanque	Temperatura		pH		Oxígeno Disuelto		Salinidad	
	Media	Intervalo de confianza	Media	Intervalo de confianza	Media	Intervalo de confianza	Media	Intervalo de confianza
1	31.03	0.4762	8.63	0.2066	3.78	0.3304	26.26	0.4907
2	30.86	0.4417	8.12	0.1201	3.58	0.3272	26.22	0.5828
3	31.00	0.4806	7.90	0.1663	3.51	0.3250	25.23	0.9283
4	31.19	0.4851	7.94	0.2384	3.48	0.3565	25.65	0.3073
5	31.01	0.4799	8.16	0.2729	3.46	0.3262	24.48	0.7701
6	31.30	0.5037	7.99	0.1547	3.76	0.4174	24.74	0.2779
7	31.12	0.5010	8.00	0.1638	3.77	0.3320	24.15	0.6934
8	31.26	0.5348	8.09	0.2014	3.46	0.3839	24.14	0.7771
Promedio	31.03	0.4805	8.10	0.1739	3.59	0.2621	24.80	0.8173

Cuadro 2. Análisis de Covarianza entre estanques por parámetro físico-químico.

Temperatura

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2	0.987	1						
3	0.98	0.9926	1					
4	0.99	0.9917	0.993	1				
5	0.989	0.9828	0.987	0.9891	1			
6	0.974	0.9879	0.989	0.9891	0.981	1		
7	0.982	0.9857	0.989	0.9932	0.992	0.9906	1	
8	0.983	0.965	0.972	0.9831	0.989	0.974	0.991	1

pH

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2	0.857	1						
3	0.768	0.8962	1					
4	0.634	0.8303	0.877	1				
5	0.776	0.8126	0.875	0.7197	1			
6	0.66	0.8323	0.946	0.9079	0.837	1		
7	0.554	0.7701	0.893	0.9109	0.762	0.9073	1	
8	0.682	0.7784	0.871	0.814	0.879	0.8999	0.877	1

Oxígeno

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2	0.171	1						
3	0.142	0.6452	1					
4	0.131	0.467	0.516	1				
5	0.356	0.659	0.492	0.8146	1			
6	0.123	0.5972	0.721	0.8697	0.749	1		
7	0.383	0.6888	0.718	0.7416	0.594	0.8366	1	
8	0.608	0.7184	0.669	0.4929	0.671	0.6337	0.64	1

Salinidad

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2	0.764	1						
3	0.789	0.8492	1					
4	0.788	0.6085	0.773	1				
5	0.226	0.035	0.878	0.5354	1			
6	0.529	0.1541	0.415	0.6098	0.79	1		
7	0.312	0.1014	0.892	0.5174	0.947	0.8446	1	
8	0.162	0.0428	0.868	0.3809	0.971	0.7846	0.958	1

Cuadro 3. Correlaciones presentes entre parámetros físico-químicos del agua por estanque.

Estanque	Correlaciones presentes	Valor de P	Nivel de significancia
1	pH-salinidad	0.0087	**
	temperatura-incidencia solar	2.11E-05	***
2	pH-oxígeno	0.00049	***
	oxígeno-salinidad	0.0340	*
	temperatura-incidencia solar	2.51E-05	***
3	pH-oxígeno	0.0414	*
	oxígeno-salinidad	0.0006	***
4	temperatura-incidencia solar	3.99E-05	***
	temperatura-incidencia solar	3.32E-05	***
5	pH-salinidad	0.0310	*
	temperatura-incidencia solar	9.01E-06	***
6	pH-oxígeno	0.0352	*
	temperatura-incidencia solar	9.57E-06	***
7	temperatura-incidencia solar	4.07E-05	***
	temperatura-incidencia solar	4.99E-05	***

- \*:  $P \leq 0.05$   
 \*\*:  $P \leq 0.01$   
 \*\*\*:  $P \leq 0.001$

**Cuadro 4. Recambio, turbidez y coloración en los estanques de cultivo.**

Número de estanque	Recambio*		Transparencia**		Tonalidad***		Fertilización****	
	Media	Intervalo de confianza	Media	Intervalo de confianza	Media	Intervalo de confianza	Media	Intervalo de confianza
1	0.0102	0.0566	20.89	1.5448	0.05	0.2979	0.10	0.0710
2	0.0023	0.0213	20.94	1.1553	0.05	0.4788	0.04	0.0313
3	0.0140	0.0862	71.33	10.8067	-0.38	0.3485	0.10	0.0554
4	0.0068	0.0392	79.66	13.2073	-0.04	0.4094	0.06	0.0509
5	0.0117	0.0840	81.32	14.7348	-0.37	0.3706	0.09	0.0605
6	0.0045	0.0362	88.56	9.5855	-0.79	0.2606	0.06	0.0509
7	0.0085	0.0622	62.35	14.1576	-0.50	0.3285	0.06	0.0481
8	0.0110	0.0810	68.40	15.6034	-0.47	0.3585	0.04	0.0379
Promedio	0.0086	0.0376	57.98	8.4327	-0.24	0.2609	0.07	0.0403

- \* medido en número de eventos por día con un estimado de 10% del volumen total por evento
- \*\* medida en cm con disco de Secchi
- \*\*\* medida por colores como verde (-1), verde-pardo (0) y pardo (1)
- \*\*\*\* medida en número de eventos por semana con un estimado de 200 kg de cal por evento

**Cuadro 5. Contenido del alimento proporcionado a los organismos de cultivo.**

<b>Componente</b>	<b>%</b>
Materia Seca	93.64
Humedad	6.36
Proteína Cruda	40.25
Proteína Verdadera	27.78
Extracto Etéreo	10.06
Cenizas	11.90
Fibra Cruda	1.65
Extracto Libre de Nitrógeno	29.79

Cuadro 6. Crecimiento, sobrevivencia y aprovechamiento del alimento en los estanques de cultivo.

	Estanque 1	Estanque 2	Estanque 3	Estanque 4	Estanque 5	Estanque 6	Estanque 7	Estanque 8	Promedio	Intervalo de confianza
Alimento acumulado (kg.)	12,971.00	9,840.00	14,328.00	11,855.00	14,086.00	13,829.00	14,283.00	14,411.00	13,200.38	1,118.68
Densidad de siembra (pcs.)	1,280,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,035,000	68,598.64
Edad (días)	110	109	128	110	125	111	126	128	118	6
Biomasa de cosecha (kg.)	7,705.00	1,862.00	4,905.00	5,445.00	4,936.00	5,490.00	4,635.00	4,941.00	4,989.88	1,103.49
Peso de organismos cosechados (gr.)	17.58	18.80	19.61	16.81	16.98	15.16	18.93	17.30	17.65	0.99
Organismos cosechados	438,282	99,043	250,127	323,914	290,695	362,137	244,849	285,607	286,832	68,485.63
Tasa de sobrevivencia	34.24%	9.90%	25.01%	32.39%	29.07%	36.21%	24.48%	28.56%	27.48%	0.06
Crecimiento semanal (gr.)	1.119	1.207	1.072	1.070	0.951	0.956	1.052	0.946	1.047	0.06
Alimento diario suministrado (kg.)	117.92	90.28	111.94	107.77	112.69	124.59	113.36	112.59	111.39	6.84
Factor de conversión alimenticia	1.68	5.28	2.92	2.18	2.85	2.52	3.08	2.92	2.93	0.73

**Cuadro 7. Parámetros físico-químicos de la calidad del agua en el estanque 8 durante la fase experimental.**

Parámetro	promedio	Intervalo de confianza
Temperatura (°C)	34.18	1.00
pH	7.80	0.16
resistencia ( $\Omega$ )	0.50	0.80
salinidad (ups)	29.00	1.96
O <sub>2</sub> (mg/l)	3.32	0.59
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0.03	0.05
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.10	0.00
NH <sub>3-4</sub> (mg/l)	0.00	0.00

Cuadro 8. Relaciones alométricas de *L. stylirostris* juveniles en este estudio.

Relación	Ecuación ajustada
longitud total Vs. peso húmedo	$Lt = (-10.9649 \pm 0.5178) * P_h^{2.6567 \pm 0.0838}$ $R^2 = 0.99$
longitud de cefalotórax Vs. longitud total	$Lct = (-0.9799 \pm 1.3132) * Lt^{3.3173 \pm 0.6593}$ $R^2 = 0.85$

Cuadro 9. Ajuste de factor q a más de 30 °C para la conversión de tasas respiratorias.

Curva normal de Winberg						Valores propuestos	
T °C	q	T °C	q	T °C	q	T °C	q
5	5.19	14	1.74	23	0.779	27.5	0.513
6	4.55	15	1.57	24	0.717	28.5	0.466
7	3.98	16	1.43	25	0.659	29.5	0.423
8	3.48	17	1.31	26	0.609	30.5	0.384
9	3.05	18	1.20	27	0.563	31	0.366
10	2.67	19	1.09	28	0.52	31.5	0.349
11	2.40	20	1.00	29	0.481	32	0.333
12	2.16	21	0.92	30	0.444		
13	1.94	22	0.847				

Cuadro 10. Tasa respiratoria ( $QO_2$ ) de *L. stylirostris* corregida mediante el modelo de Winberg modificado a 28 °C ( $QO_2/día = mgO_2/g Ps \cdot día^{-1}$ ).

28 ups.		22 ups.	
P.S.L.C. (g)	$QO_2/día$	P.S.L.C. (g)	$QO_2/día$
0.5086	18.0811	0.5257	25.3396
0.5102	19.1400	0.5331	23.6753
0.5448	17.9440	0.5873	12.6856
0.6807	18.9678	0.6590	18.5650
0.7872	12.5520	0.8978	13.1012
0.8206	12.7609	1.0059	12.9913
1.0527	11.1847	1.0973	11.0555
1.0723	13.8110		
promedio	15.5552		16.7734
intervalo de confianza	2.2768		4.2921

Cuadro 11. Ecuaciones de Regresión para tasa respiratoria de *L. stylirostris* a dos salinidades.

$$QO_2 = k * PS^\alpha$$

Constantes	K ( $x \pm$ error estándar)	$\alpha$ ( $x \pm$ error estándar)	Coefficiente de ajuste de regresión $R^2$
sal 28 ups	0.6137, 0.0117	-0.6269, 0.0503	0.9748
sal 22 ups	0.5024, 0.0315	-0.9099, 0.1768	0.8981

Cuadro 12. Excreción nitrogenada (QN-NH<sub>4</sub>) de *L. stylosis* en función de la salinidad y hora del día. (QN-NH<sub>4</sub>/día = mgN-NH<sub>4</sub>/ej. \*hr<sup>-1</sup>).

28 ups.		22 ups.	
Tiempo (hrs.)	QN-NH <sub>4</sub> x ± i. C. (95%)	Tiempo (hrs.)	QN-NH <sub>4</sub> x ± i. C. (95%)
06 - 07	0.021 ± 0.0300	10 - 11	0.386 ± 0.0414
11 - 12	0.010 ± 0.0069	14 - 15	0.057 ± 0.0170
19 - 20	0.037 ± 0.0161	19 - 20 <sup>(1)</sup>	0.373 ± 0.0624
22 - 23	0.053 ± 0.0303	19 - 20 <sup>(2)</sup>	0.070 ± 0.0569
x ± i. C. (P.S.L.C.)	28 ups. 0.756 ± 0.1813		
	22 ups. 0.786 ± 0.1978		

Cuadro 13. Promedio de tasa de excreción nitrogenada en los individuos experimentales.

salinidad	$\bar{x} \pm I. C. (95\%)$
28 ups	$0.030 \pm 0.0183$
22 ups	$0.222 \pm 0.1790$

Cuadro 14. Requerimiento energético diario para *L. stylirostris* de distinta talla a dos salinidades.

Parámetros evaluados	Pequeño		Mediano		Grande	
<i>Índices corporales</i>						
Peso húmedo (gr.)		3.654		5.012		6.454
Peso seco (gr.)		0.881		1.208		1.555
Longitud total (cm.)		5.503		6.014		6.558
Longitud de cefalotórax (cm.)		1.843		1.988		2.142
<i>Índices del tejido</i>						
Peso seco libre de cenizas (gr.)		0.784		1.075		1.384
Contenido calórico del tejido (cal.)		3,470.9		6,484.7		10,785.9
<i>Pérdida de energía</i>						
Salinidad	28 ups.	22 ups.	28 ups.	22 ups.	28 ups.	22 ups.
Tasa respiratoria <i>R</i> (cal./día)	116.838	166.838	95.840	125.146	81.790	99.425
Tasa de excreción nitrogenada <i>U</i> (cal./día)	2.837	37.146	2.837	37.146	2.837	37.146
Pérdida de energía por metabolismo de rulina ( <i>R + U</i> )	119.675	203.983	98.677	162.292	84.627	136.570
Energía de manutención % ( <i>R + U</i> )/Energía total *100	3.4	5.9	1.5	2.5	0.8	1.3

Cuadro 15. Balance en la corrida de producción junio-octubre 2000.

**Ingresos**

Fecha			jun	jul	ago	sep	oct	Total	
Área productiva (Ha)			25.0825	25.0825	25.0825	25.0825	25.0825	125.4125	
Estanque	Peso de captura promedio por individuo (gr)	Precio de venta por kilogramo (\$)	Biomasa de cosecha						
			kg	\$	kg	\$	kg	\$	kg
1	17.58	60				7705	462300	462300	
2	18.80	60				1862	111720	111720	
3	19.61	60					4905	294300	
4	16.81	60				5445	326700	326700	
5	16.98	60					4936	296160	
6	15.16	60				5490	329400	329400	
7	18.93	60					4635	278100	
8	19.30	60					4941	296460	
Producción total (kg)			0	0	0	20502	19417		
Ingreso total (\$)			0	0	0	0	1230120	1185020	2,395,140.00

**Egresos**

Fecha			jun	jul	ago	sep	oct	Total
<b>Variables</b>								
Alimento de camarón			173784.68	173784.68	173784.68	173784.68	173784.68	868,923.40
Gastos por obtención de postlarvas			745200.00					745,200.00
Combustibles y lubricantes			33184.89	33184.89	33184.89	33184.89	33184.89	165,924.43
Mantenimiento			24944.71	24944.71	24944.71	24944.71	24944.71	124,723.54
subtotal			977114.27	231914.27	231914.27	231914.27	231914.27	1,904,771.37
<b>Fijos</b>								
Sueldos y Honorarios			55763.84	55764.84	55765.84	55766.84	55767.84	278,829.18
Impuestos y Prestaciones del personal			16881.08	16882.08	16883.08	16884.08	16885.08	84,415.39
Gastos administrativos			9424.59	9425.59	9426.59	9427.59	9428.59	47,132.94
Gastos de Alimentación del personal			9289.67	9290.67	9291.67	9292.67	9293.67	46,456.34
Gastos de viajes y restaurantes			1350.79	1351.79	1352.79	1353.79	1354.79	6,763.97
Misceláneos			4731.88	4732.88	4733.88	4734.88	4735.88	23,669.41
Seguros			1432.46	1433.46	1434.46	1435.46	1436.46	7,172.29
Renta de la tierra			15507.75	15508.75	15509.75	15510.75	15511.75	77,548.77
Otros gastos			42973.71	42974.71	42975.71	42976.71	42977.71	214,878.55
subtotal			157355.77	157364.77	157373.77	157382.77	157391.77	786,868.64
costo total			1134470.04	389279.04	389288.04	389297.04	389306.04	2,691,640.22
Saldo								-296,500.22

Postlarva (\$/millar):90; Alimento (\$/kg) 8.23; Tasa de Inflación promedio para el 2000: 10.19%.

Apéndice 1

Principales especies de camarones comerciales en México (Pérez y Kensler, 1988).

I.- Litoral mexicano del Océano Pacífico

Género *Litopenaeus*

Nombre científico	Nombre común	Distribución
<i>L. vannamei</i>	Blanco	Del Golfo de California al norte de Perú.
<i>L. stylirostris</i>	Azul	De la costa occidental de Baja California Norte al norte de Perú.
<i>L. occidentalis</i>	Blanco del sur	Del Golfo de Tehuantepec al norte de Perú.

Género *Farfantepenaeus*

<i>F. californiensis</i>	Café	Del Golfo de California al norte de Perú.
<i>F. brevisrostris</i>	Rojo o Cristal	De la costa occidental de Baja California Norte al norte de Perú.

II.- Litoral mexicano del Golfo de México y el Mar Caribe

Género *Litopenaeus*

<i>L. setiferus</i>	Blanco del Golfo	De Nueva York a Yucatán.
---------------------	------------------	--------------------------

Género *Farfantepenaeus*

<i>F. aztecus</i>	Café	De Massachussets a Yucatán.
<i>F. duorum</i>	Rosado	De la Bahía Cheasapeake, Virginia a Isla Mujeres, Quintana Roo.
<i>F. brasiliensis</i>	Rojo del Caribe	De Carolina del Norte, sur del Golfo de México a Yucatán hasta Río Grande do Sul, Brasil.

Apéndice 2

Características principales de los diferentes sistemas de cultivo de camarón en México (Garduño-Argueta, 1999).

Características generales	Tipo de sistema de cultivo			
	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo	Hiperintensivo
Tipo de estanquería	Bordos o encierros	Estanques rústicos	Estanques rústicos	Estanques de concreto y cubiertos
Tamaño de los estanques (ha.)	Mayor de 10	De 5-10	De 1-5	Menor de 1
Densidad de siembra (PL/m <sup>2</sup> )	De 1-3	De 5-20	De 20-50	Mayor de 50
Origen de la post-larva	Natural	Natural y/o laboratorio	Laboratorio	Laboratorio
Alimentación suplementaria	Poca o nula	Alimento balanceado de 5-10 % en la biomasa	Alimento de alta calidad con 34-40% de proteína	Alimento excelente, formulado de acuerdo a la talla
Fertilización	productividad natural	Orgánica e/o inorgánica	Orgánica e/o inorgánica	ninguna
Tasa de recambio diario de agua	1 a 5%	10 a 15 %	20 a 30%	Agua corriente
Método de recambio de agua	Por mareas	Por bombeo	Por bombeo	Por bombeo y filtrado
Tipo de aireación	Ninguna	Mecánica opcional	Mecánica imprescindible	Intensiva
Rendimiento (peso/ha./ciclo)	90 a 250 kg.	700 a 2500 kg.	6 a 15 ton.	Mayor a 15 ton.
Número de cosechas por año	1	De 1 a 2	Hasta 3	Mayor de 3
Tasa de sobrevivencia	Menor a 60%	60 a 80 %	Mayor de 80%	Mayor al 90%
Competencia y depredación en el estanque	Altas	Medias	Muy bajas	Nulas
Control sobre los parámetros fisicoquímicos	Nulo	Medio	Entre medio y alto	Alto

XVII



Apéndice 4. Requerimientos nutritivos para camarones juveniles en cultivo de la especie *L. stylirostris* (Martínez, 1999).

Nutriente	Cantidad requerida
Proteínas	25-40 %
Lípidos	6.5 %
Carbohidratos	< 10 %
Calcio	<2.8 %
Fósforo	0.42 %
Vitaminas	<1gr/kg c/u

**Apéndice 5. Principales características del síndrome de virus de la Mancha Blanca (WSSV).**

Agente patógeno	Baculovirus clase I: virus con genoma de DNA de doble cadena (dsDNA virus)
Etapas de crecimiento en que se manifiesta	juvenil y adulto
Medio de infección	heces, agua contaminada, materia fecal, canibalismo
signos clínicos	manchas en exoesqueleto, coloración rojiza ocasionalmente Se pueden observar viriones no ocluidos de 70-150 nm o cuerpos de inclusión intranuclear de 275-380 nm en células afectadas por medio de histología en tejidos como epitelio, tejido conectivo, en órganos como estómago, branquias, nódulos hematopoiéticos o glándula antenal
Lugar de primera manifestación	Oeste de India, Japón y Sur de Indonesia
Descriptor	Wongteerasupaya y cols., 1995
Lugar de identificación	Condado de Cameron, Texas 1995

XXX

Apéndice 6. Distribución de frecuencias de intervalos de clase-talla de peso húmedo para la muestra de análisis morfométrico.

Número de clase	Intervalo de clases (g)	Frecuencia %	Frecuencia acumulada %	Peso Húmedo promedio (g)
1	X - 3.142	3.42	3.42	2.630
2	3.142 - 3.919	5.13	8.55	3.854
3	3.919 - 4.598	35.04	43.59	4.185
4	4.598 - 5.360	35.90	79.49	5.012
5	5.360 - 6.081	16.24	95.73	5.709
6	6.081 - 6.874	3.42	99.15	6.454
7	6.874 - X	0.85	100.00	7.294

XXXI