



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CAMPUS IZTACALA

“DETERMINACION DEL VALOR NUTRICIO DE UN HIDROLIZADO DE LANGOSTILLA (*Pleuroncodes planipes*) PARA JUVENILES DE CAMARON BLANCO DEL PACIFICO *Litopenaeus vannamei*.”

297370

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: B I O L O G O P R E S E N T A : ALFONSO GALICIA GONZALEZ



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEX.

2001



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.

## **DEDICATORIA**

A toda mi familia.

Por esas palabras de aliento que me motivaron a concluir esta meta a pesar de todas las dificultades presentadas.

A Roberto Civera Cerecedo.

Por ser parte fundamental en mi trabajo profesional, transmitirme sus valiosos conocimientos que me ayudaron a la realización de este trabajo. Por todos los momentos buenos que he pasado a su lado.

## AGRADECIMIENTOS

Tratare de dar gracias a todas las personas que directa o indirectamente colaboraran para la culminación de este trabajo.

A las primeras personas que tengo que agradecerles es a mis padres por haberme dado la vida y darme la libertad y facilidades para llegar a la ciudad de La Paz..... a mí queridísima hermana, por haber compartido momentos de tristeza, alegría y ante todo una infancia de lo más bonito que puede existir.

Bastante tropiezos tuve que enfrentar en la universidad, pero afortunadamente tuve muchos amigos que me ayudaron a levantarme y seguir adelante..... no los nombro a todos porque no terminaría de escribir esto y, además, si nombro alguno de ustedes y otros no, ya saben lo que sucedería..... (todo queda entre cuates).

El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, es más que un buen recuerdo.... el presente trabajo se realizó en su totalidad en el Laboratorio de Nutrición Acuícola, en donde se encontraba al mando uno de los mejores jefes que he tenido el Dr. Roberto Civera Cerecedo director del presente trabajo y quien desde un inicio me brindó toda su amistad, apoyo y dedicación....mil gracias Roberto! Por ese año tan maravilloso..... Hubieron momentos de soledad y angustia en los cuales siempre me ayudo a resolverlos una gran amiga Gaby Rolda.. que yo diría que más que amiga fue como una madre.

A un gran amigo que me ha trasmitido muchos conocimientos, ayudado con muchos problemas de la tesis y por el enorme tiempo que invirtió en mí..... Muchas Gracias Ernesto Goytortúa Bores.

A Sonia, Dolores y Luis por la calma, amista y ayuda que me brindaron para la realización de los análisis bromatológicos de mis dietas.

Al proyecto 980106075 “Aprovechamiento Integral de la langostilla y su uso en la alimentación de camarones peneidos” y la beca otorgada por el Sistema de Investigadores del Mar de Cortes (SIMAC), que sin ella no se hubiera podido la realización del presente trabajo.

A la empresa ENMEX, en especial a la Ing. Ariadna Torres A., Repte. Técnico de Ventas por la donación de la enzima comercial utilizada para los hidrolizados.

A todos los integrantes del taller de mantenimiento del CIBNOR, en especial a Jorge Cobos, Guillermo, y Rene, por las facilidades prestadas en la elaboración del sistema de acuarios.

A Erika Bistrain Meza por todo el cariño, apoyo y amistad que me ha brindado dentro de esta bonita relación..... Muchas gracias VIDA.....

Por último, algunas de las muchas personas que han estado cerca de mí y que se han preocupado por que siga adelante, Roberto Rojo, Luis (chavito), Leobardo (pollo), Carolina Ponce, Laura Guzmán, Mariana Tovar, Antalia González, Victor Luja, Manolo Sigala, Hector Valencia, Arturo Leyva y Daniel Leyva.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en los Laboratorios de Nutrición Acuícola del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., ubicado en La Paz. Baja California Sur, México. Se hizo un estudio para conocer la calidad nutricional de un hidrolizado enzimático de langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*) como sustituto parcial de la harina de pescado en dietas para camarones de la especie *Litopenaeus vannamei*, y se comparó su eficiencia con respecto a la de un hidrolizado de krill. Para ello se realizó un bioensayo de crecimiento donde se evaluaron un total de 7 alimentos: un control sin hidrolizado (dieta CR); tres alimentos con diferentes niveles de inclusión de hidrolizado de langostilla, a manera de sustituir 5, 15 y 25% de la proteína aportada por la harina de pescado del alimento control (dietas HLS5%, HLS15% y HLS25%, respectivamente), y tres dietas con diferentes niveles de inclusión de un hidrolizado líquido a base de krill (*Euphausia pacifica*), a manera de sustituir 5, 15 y 25% de la proteína aportada por la harina de pescado del alimento control (dietas HKS5%, HKS15% y HKS25%, respectivamente). La calidad nutricia de los alimentos fue evaluada, por triplicado, en términos de su composición química proximal, así como de la sobrevivencia, el crecimiento ponderal, el alimento consumido, el factor de conversión alimenticia y la eficiencia proteica obtenidas al cabo de 30 días del bioensayo.

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de cultivo intensivo en laboratorio, trabajando con juveniles de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) con un peso promedio inicial de  $0.310 \pm 0.02$  g. La sobrevivencia final fue superior al 90% con todos los tratamientos. Los camarones alimentados con las dietas HLS15% y HLS25% fueron los que tuvieron el mayor peso promedio final (2.44 y 2.74 g), la mayor tasa de crecimiento (676% y 773%), así como también el mayor consumo aparente de alimento (35.5 y 46.0 g). Se observó que a medida que se aumentó el nivel de inclusión de hidrolizado de langostilla, aumentó el factor de conversión alimenticia de 1.5 a 1.9, y disminuyó la eficiencia proteica de 1.8 a 1.39, mientras que este comportamiento no se observó cuando se sustituyó la harina de pescado por el hidrolizado de krill.

Los niveles de inclusión de los hidrolizados de langostilla y de krill más adecuados fueron de 7 y 6.7% respectivamente, correspondientes a una sustitución de 15% de la proteína de la harina de pescado.

Se concluye que el hidrolizado enzimático de langostilla puede ser obtenido exitosamente por vía enzimática, y utilizado como fuente de proteína en alimentos para *L. vannamei*. Adicionalmente, puede ser considerado un buen attractante y un buen sustituto parcial de la harina de sardina en alimentos para camarón.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Pesca y acuicultura de recursos marinos.....	8
1.2 Especies cultivadas en el mundo.....	9
1.3 Cultivo de camarón en México.....	11
1.4 Anatomía de los crustáceos.....	12
1.5 Ciclo de vida de los Peneidos.....	13
1.6 Alimentos para camarones.....	15
1.7 El recurso langostilla.....	16
1.7.1 Ciclo de vida de la langostilla.....	17
1.7.2 Composición química de la langostilla.....	18
1.8 Hidrolizados como ingredientes nutritivos en la acuicultura.....	22
II. ANTECEDENTES.....	24
III. JUSTIFICACIÓN.....	28
IV. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	30
V. OBJETIVOS.....	31
OBJETIVO GENERAL.....	31
OBJETIVOS PARTICULARES.....	31
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	32
6.1 Captura y manejo de la langostilla.....	32
6.2 Fabricación del hidrolizado de langostilla.....	32
6.3 Formulación de alimentos.....	33
6.4 Fabricación de alimentos.....	36
6.5 Estabilidad en agua.....	37
6.6 Análisis químicos proximales.....	38
6.7 Bioensayo de crecimiento.....	38
6.7.1 Sistema experimental.....	38



6.7.2	Condiciones de cultivo.....	39
6.7.3	Criterios de evaluación biológica.....	42
6.7.4	Análisis estadísticos.....	43
VII	RESULTADOS.....	44
7.1	Parámetros físico-químicos.....	44
7.2	Composición de los ingredientes.....	44
7.3	Composición y estabilidad en el agua de los alimentos experimentales.....	45
7.4	Bioensayo de crecimiento.....	46
VIII	DISCUSIÓN.....	52
8.1	Validez de resultados.....	52
8.2	Efecto de las dietas con inclusión de los hidrolizados.....	54
IX	CONCLUSIONES.....	63
X	LITERATURA CITADA.....	64
ANEXO 1	.....	77
ANEXO 2	.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura. ....	8
Figura 2. Producción mundial de la acuicultura, por principales grupos de especies en 1998 .....	10
Figura 3. Producción global de acuicultura de camarón del período 1984- 1998. ....	10
Figura 5. Ciclo de vida general de los camarones del género <i>Penaeus</i> . ....	14
Figura 6. El papel del alimento natural en la nutrición de crustáceos mantenidos en estanques bajo sistemas de cultivo extensivo, semiintensivo o intensivo. ....	15
Figura 7. Langostilla ( <i>Pleuroncodes planipes</i> ). ....	16
Figura 8. Distribución y contornos de densidad de la langostilla bentónica ( <i>P. planipes</i> ) de la plataforma continental para la región sur (24°-27° N), durante invierno-primavera .....	17
Figura 9. Varamientos masivos de langostilla ( <i>P. planipes</i> ) en Punta Arenas B.C.S., México. ....	18
Figura 10. Usos potenciales para la langostilla ( <i>P. planipes</i> ) ....	21
Figura 11. Fabricación del hidrolizado de langostilla ( <i>P. planipes</i> ).....	33
Figura 12. Vistas de los acuarios de fibra de vidrio de 60 L.....	39
Figura 13. Sistema de cultivo utilizado para la evaluación de los alimentos en el laboratorio de nutrición experimental en el CIBNOR. ....	41
Figura 14. Peso promedio final de juveniles del camarón <i>L. vannamei</i> alimentados durante 30 días con dietas que contienen diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por hidrolizado de langostilla (HLS) o de krill (HKS).....	49
Figura 15. Efecto de la sustitución de harina de pescado por hidrolizados de langostilla (HLS) y de krill (HKS) en la dieta sobre la tasa de crecimiento porcentual de juveniles de <i>L.</i> <i>vannamei</i> , al cabo de 30 días del experimento. ....	49
Figura 16. Efecto de la sustitución de harina de pescado por hidrolizados de langostilla (HLS) y de krill (HKS) en la dieta sobre el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) de juveniles de <i>L. vannamei</i> , al cabo de 30 días del experimento. ....	50
Figura 17. Efecto de la sustitución de harina de pescado por hidrolizados de langostilla (HLS) y de krill (HKS) en la dieta sobre la tasa de Eficiencia Proteica (EP) de juveniles de <i>L. vannamei</i> , al cabo de 30 días del experimento.....	50

Figura 18. Efecto de la sustitución de harina de pescado por hidrolizados de langostilla (HLS) y de krill (HKS) en la dieta sobre el consumo de alimento de juveniles de *L. vannamei*, al cabo de 30 días del experimento.....51

## ÍNDICE DE TABLAS

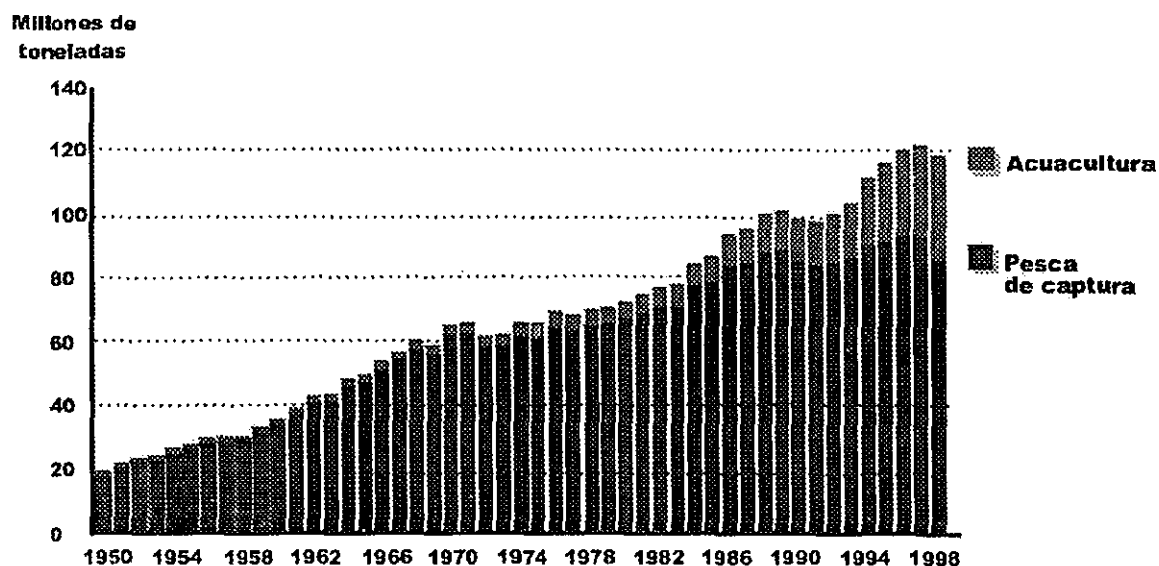
Tabla 1. Producción nacional de camarón en peso desembarcado, 1990-1999 .....	11
Tabla 2. Clasificación taxonómica del género <i>Penaeus</i> . .....	12
Tabla 3. Comparación del análisis químico proximal de la langostilla, <i>P. planipes</i> . .....	19
Tabla 4. Contenido de aminoácidos en la langostilla <i>P. planipes</i> . .....	20
Tabla 5. Composición de ácidos grasos en langostilla <i>P. planipes</i> . .....	20
Tabla 6. Composición de los alimentos .....	35
Tabla 7. Composición de la premezcla de vitaminas. ....	36
Tabla 8. Composición de la premezcla de minerales. ....	36
Tabla 9. Composición química proximal de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales para determinar el valor nutritivo del hidrolizado de langostilla. ....	44
Tabla 11. Composición química proximal de los alimentos utilizados en el experimento de crecimiento para determinar el valor nutritivo del hidrolizado de langostilla.....	45
Tabla 12. Estabilidad en el agua de los alimentos. ....	46
Tabla 13. Resultados zootécnicos al día 15 de juveniles del camarón <i>L. vannamei</i> alimentados con dietas que contienen diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por hidrolizado de langostilla (HL) o de krill (HK). ....	47
Tabla 14. Resultados zootécnicos finales de juveniles del camarón <i>L. vannamei</i> alimentados durante 30 días con dietas que contienen diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por hidrolizado de langostilla (HL) o de krill (HK). ....	48

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 PESCA Y ACUACULTURA DE RECURSOS MARINOS.

La pesca y la acuicultura siguen siendo muy importantes como fuentes de alimento, empleo e ingresos en muchos países y comunidades, pese a las fluctuaciones en la oferta y la demanda, causadas por los cambios en la situación de los recursos pesqueros, el entorno económico y las condiciones ambientales (FAO, 200).

La producción mundial por pesca y acuicultura bajó de 122 millones de toneladas en 1997, a 117 millones en 1998, debido principalmente a los efectos de la anomalía climática “El Niño” sobre algunas de las principales pesquerías de organismos marinos (Fig.1). Sin embargo, se recuperó en 1999, y según una estimación preliminar, la producción de ese año asciende a unos 125 millones de toneladas (FAO, 2000). El aumento de 20 millones de toneladas con respecto al decenio anterior se debió principalmente a la acuicultura, ya que la producción de pesca de captura se mantuvo relativamente sin incremento.



Nota: Las cantidades de la acuicultura anteriores a 1984 son estimaciones.

Figura 1. Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura (FAO, 2000).

El estancamiento de las capturas totales por pesca se debe a la tendencia general registrada en la mayoría de las zonas pesqueras del mundo, donde se ha alcanzado el potencial máximo de captura, ya que la mayoría de las poblaciones comerciales, están plenamente explotadas. Por esta razón, es muy improbable que se obtengan aumentos sustanciales en la captura total. En cambio, el crecimiento de la producción acuícola ha registrado la tendencia opuesta. Partiendo de cifras totales insignificantes, la producción de la acuicultura continental y marina creció alrededor del 5% al año entre 1950 y 1969, en un 8% aproximadamente durante los años setenta y ochenta, y se ha incrementado posteriormente a más del 10% al año desde 1990 (FAO, 2000).

## ***1.2 ESPECIES CULTIVADAS EN EL MUNDO.***

De la gran cantidad de especies que están siendo usadas para el cultivo, algunas son elegidas por su rápido crecimiento y por la gran cantidad de biomasa que es posible obtener a corto plazo, constituyéndose así en productos pesqueros de gran interés social, ya que son económicos y accesibles al público de menores recursos. Otras especies son cultivadas por su alto valor comercial, por lo cual su cultivo puede proporcionar grandes utilidades a las empresas dedicadas a esta actividad o son fuentes de empleo y de divisas para los países en vía de desarrollo, que las exportan a los mercados internacionales (Fig. 2). En el primer grupo se encuentran los peces herbívoros y detritívoros como las carpas, la tilapia, la lisa, etc. En el segundo destacan varios peces carnívoros (salmón y trucha) algunos peces de ornato, varios moluscos y crustáceos, entre los cuales el camarón es quizás el más importante (FAO, 2000; Martínez, 1993).

Dentro de un período de sólo 25 años el cultivo comercial de camarón ha emergido dentro de las primeras industrias acuícolas en el ámbito mundial según su valor, y es una de las industrias productoras de alimentos que mayor velocidad de crecimiento presenta. Por ejemplo, de acuerdo a las últimas estadísticas oficiales de producción por acuicultura compiladas por la FAO en el 2000, la producción total de camarón cultivado en 1998 asciende a 1.1 millones de toneladas métricas (MTM) y fue valuado en \$ 6.9 millones de dólares.

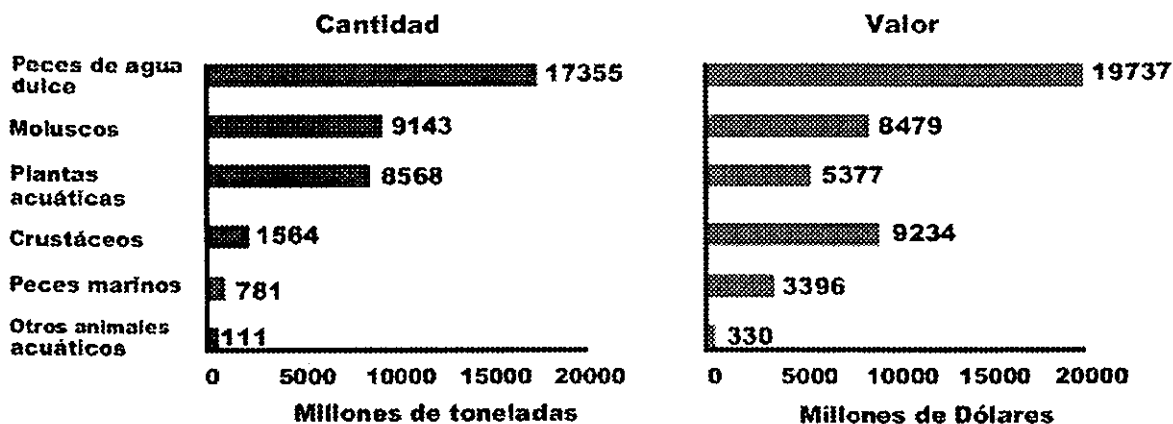


Figura 2. Producción mundial de la acuicultura, por principales grupos de especies en 1998 (FAO, 2000).

Las tres especies de camarón más cultivadas son *Penaeus monodon*, *P. vannamei*, y *P. chinensis*, representando el 51.89%, 17.14% y 12.92% respectivamente de la producción total de camarón por peso en 1998, lo que las ubica en el primero, 16avo y 23avo lugar en términos globales de la producción total de acuicultura por valor económico (\$ 3.93, 0.75 y 0.63 millones de dólares, respectivamente (FAO, 1998; Tacon y Foster, 2000) (Fig. 3).

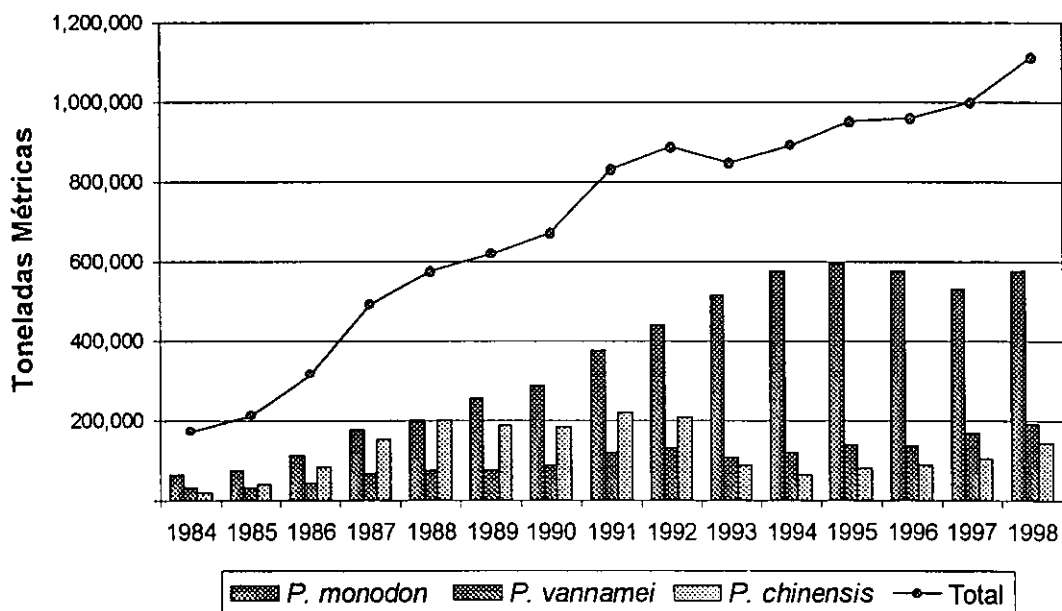


Figura 3. Producción global de acuicultura de camarón del período 1984-1998 (Tacon y Foster, 2000).

### 1.3 CULTIVO DE CAMARÓN EN MÉXICO.

El camarón, por su valor económico es el recurso pesquero más importante en nuestro país, y al igual que en la mayoría de las pesquerías mundiales, la explotación de las principales especies mexicanas en ambas costas alcanzó su rendimiento máximo sostenible durante las décadas 60 y 70. Aunque actualmente la captura total nacional ha mostrado tendencias decrecientes notables en los últimos años, la captura total durante las temporadas “buenas” ha fluctuado alrededor de 47,000 a 78,000 toneladas y no es posible esperar un aumento mayor de esa cifra derivada de las poblaciones naturales, por lo cual la acuicultura representa la opción viable para aumentar en forma sustancial la producción nacional de este crustáceo, como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1. Producción nacional de camarón en peso desembarcado, 1990-1999 (toneladas).**

AÑO	TOTAL (T)	CULTIVADO (T)	CULTIVADO (%)
1990	46,585	4,371	9.38
1991	48,115	5,111	10.62
1992	49,986	8,326	16.66
1993	57,579	11,846	22.82
1994	59,482	13,138	22.1
1995	67,482	15,867	23.51
1996	61,235	13,114	21.42
1997	70,144	17,570	25.05
1998	71,609	27,839	38.88
1999	78,234	28,288	36.16

**Fuente: Anuario Estadístico de Pesca (1999).**

En México se distribuyen varias especies de diferentes familias de camarones, entre las cuales las más importantes, desde el punto de vista comercial, son las que pertenecen a la familia Penaeidae, en particular del género *Penaeus*. Cinco especies se encuentran distribuidas en la costa del Pacífico y cuatro en el Golfo de México y el Caribe (Gracia, 1992).

De acuerdo con García (1984), los camarones del género *Penaeus* se dividen en dos grupos para facilitar su comparación: “blancos” y “oscuros”, que corresponden además a los subgéneros *Litopenaeus* y *Farfantepenaeus* (Holthius, 1980) (Tabla 2). Los camarones



blancos del subgénero *Litopenaeus*, que incluyen a *Litopenaeus setiferus* (camarón blanco del Golfo de México), *L. vannamei* (camarón blanco del Pacífico), *L. occidentalis* y *L. stylirostris* (camarón azul), son crustáceos que alcanzan los mayores precios en el mercado. Estos camarones son generalmente más activos durante las horas de luminosidad, por lo cual son capturados principalmente durante el día, viven en zonas más cercanas a la costa en el ambiente marino, son más resistentes a las variaciones de salinidad que los camarones “oscuros” y tienden a formar grandes concentraciones de organismos. En contraste, los camarones “oscuros”, que incluyen a las especies mexicanas *F. duorarum* (camarón rosado), *F. aztecus* (camarón café del Golfo), *F. brasiliensis* (camarón rojo del Caribe), *F. californiensis* (camarón café del Pacífico) y *F. brevisrostris* (camarón cristalino o rojo), tienen hábitos nocturnos y son capturados durante la noche. La distribución principal de estos organismos en la plataforma continental marina se da en zonas más profundas que los “blancos” y son más sensibles a las fluctuaciones de salinidad (Gracia, 1992).

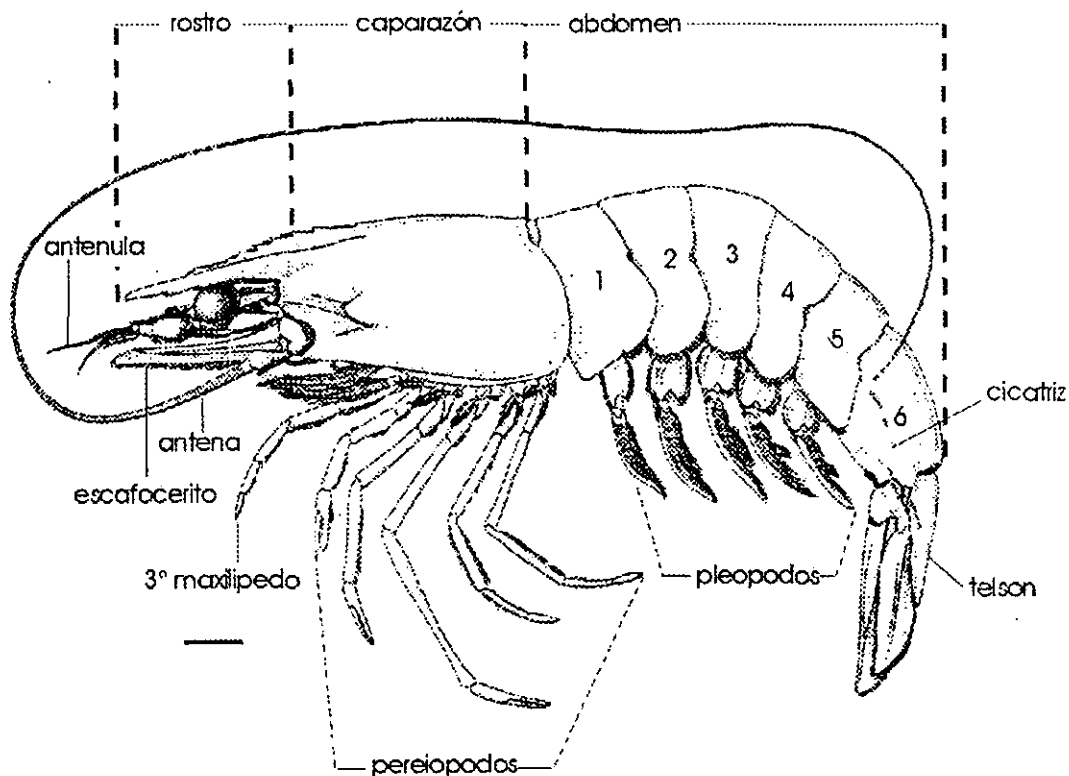
**Tabla 2. Clasificación taxonómica del género *Penaeus* (Hendrickx, 1996; Pérez y Kensley, 1997).**

<b>Superclase</b>	Crustacea. Pennant (1777)
<b>Clase</b>	Malacostraca. Latreille (1806)
<b>Orden</b>	Decapoda. Latreille (1803)
<b>Suborden</b>	Dendrobranchiata. Bate (1888)
<b>Superfamilia</b>	Penaeoidea. Rafinesque – Schmaltz (1815)
<b>Familia</b>	Penaeidae. Rafinesque – Schmaltz (1815)
<b>Subfamilia</b>	Penaeinae
<b>Género</b>	<i>Penaeus</i>
<b>Subgénero</b>	<i>Litopenaeus</i> Farfante (1969)

#### 1.4 ANATOMÍA DE LOS CRUSTÁCEOS.

El cuerpo de los camarones se divide en tres regiones: cefalotórax, abdomen y telson. Los apéndices del cefalotórax son: anténulas, antenas, mandíbulas, maxilas, maxilípedos y pereiópodos; el abdomen está formado por seis segmentos y cinco pares de apéndices llamados pleópodos cuya función es natatoria. En el telson se encuentran los

urópodos, que sirven también para la natación. El exoesqueleto en la región del cefalotórax presenta diferentes estructuras como espinas, suturas y surcos, cuya forma, tamaño y distribución son característicos para cada especie (Hendrickx, 1996; Pérez y Kensley, 1997) (Fig. 4).



**Figura 4. Vista lateral de *Litopenaeus vannamei*, ♀ 38mm, escala = 1cm (Hendrickx, 1996; Pérez y Kensley., 1997).**

### ***1.5 CICLO DE VIDA DE LOS PENEIDOS.***

El modelo clásico sobre el ciclo de vida de los peneidos (Gracia, 1992), (Fig. 5) establece que la vida adulta y la fase reproductora transcurren mar adentro, sobre la plataforma continental donde individualmente las hembras presentan desoves parciales, pero en conjunto tienen 1 ó 2 desoves masivos. Los huevecillos son expulsados por la hembra al medio marino donde permanecen alrededor de 14 horas y dan origen al primer estadio larval llamado nauplio. Esta larva se alimenta de sus reservas vitelinas, presenta cinco etapas diferentes que ocurren en 40 horas hasta que se convierte en la primera protozoa,

estadio en el cual comienza a alimentarse del plancton. Después de tres o cuatro días la protozoa se convierte en mysis, misma que después de aproximadamente cuatro días se transforma en la primera poslarva. El cambio de mysis a poslarva va acompañado de cambios morfofisiológicos, de los cuales los más importantes son la desaparición de exopoditos en los pereiópodos (órganos que le permitirán mantenerse suspendidos en la columna de agua) y la completa formación de pleópodos (principales apéndices nadadores). Los primeros estadios de poslarva (de 6 a 8 días de haberse transformado en poslarva) presentan la forma de un camarón en miniatura, pero difiere del adulto en detalles como el número de espinas en el rostro, ausencia de caracteres sexuales secundarios y lo más importante, sus branquias son menores en número y tamaño. Las poslarvas ingresan a los estuarios y lagunas a través de un mecanismo en el que interviene la acción de las corrientes, migraciones verticales de la poslarva en la columna de agua, corriente de marea y respuesta a los gradientes de salinidad. Una vez en el interior de las lagunas o estuarios cambian de hábitos planctónicos a bentónicos. El camarón permanece en el área estuarina por espacio de cuatro meses antes de emigrar al ambiente marino para incorporarse a la población adulta (Gracia, 1992; Palacios, 1999).

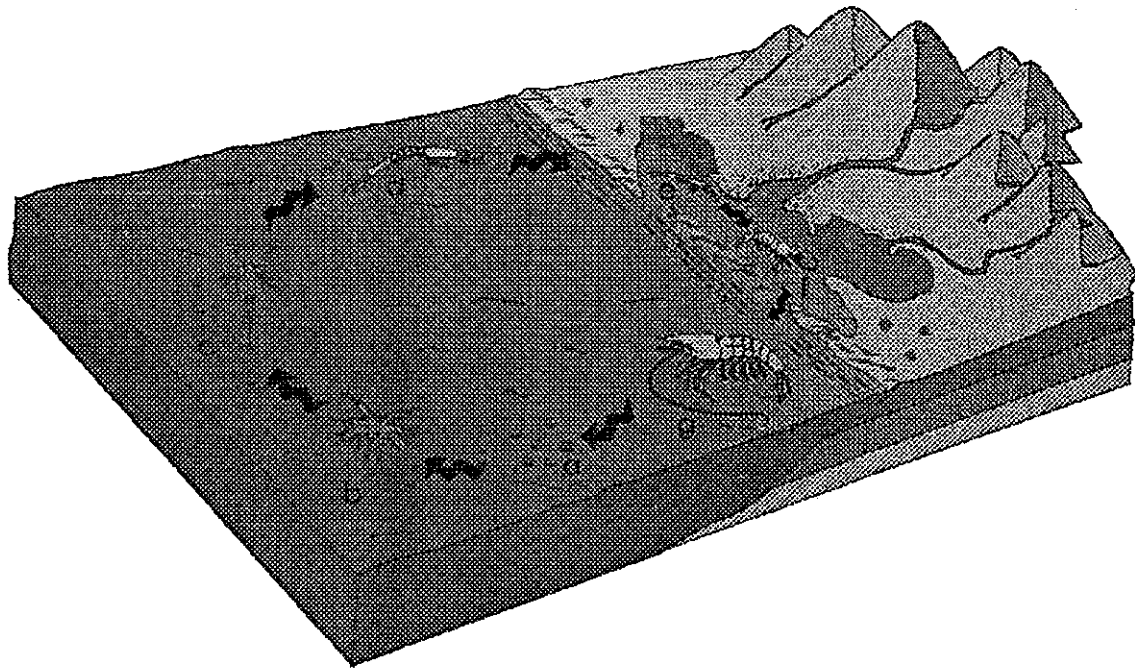
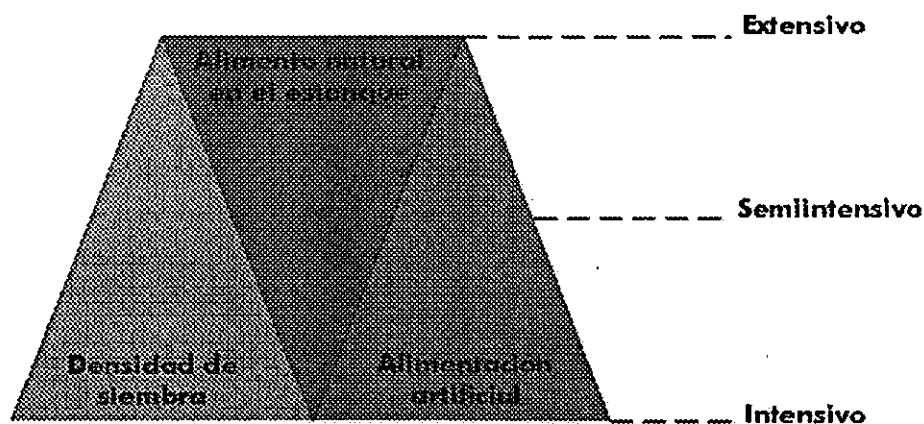


Figura 5. Ciclo de vida general de los camarones del género *Penaeus*. a: huevo; b: nauplio; c: protozoa; d: mysis; e: poslarva; f: juvenil; g: adulto (Gracia, 1992).

## 1.6 ALIMENTOS PARA CAMARONES.

Como en todos los sistemas de cultivo de animales, el crecimiento y producción depende completamente de la suplementación e ingesta de alimentos, mismo que representa el principal y más alto costo de operación en la mayoría de los cultivos semiintensivos e intensivos. En general el alimento para camarón puede variar desde el uso de la fauna y flora natural del estanque, como es el caso de los sistemas de tipo extensivo, hasta el uso de alimento balanceado artificial, utilizado en los sistemas de cultivo de tipo semiintensivo e intensivo (Fig. 6).



**Figura 6. El papel del alimento natural en la nutrición de crustáceos mantenidos en estanques bajo sistemas de cultivo extensivo, semiintensivo o intensivo.**

Aunque no existe información o estadísticas oficiales concernientes a la producción y uso de alimentos acuícolas para camarón, se ha estimado que el total de la producción mundial en 1998 fue aproximadamente de 1.65 Millones de Toneladas Métricas (MTM) (Tacon y Foster, 2000). Esta estimación parte de la suposición de que el 75% de la producción total de camarón reportada por la FAO (1.1 MTM en 1998) se basa en el uso de alimentos acuícolas, y considerando un factor de conversión alimenticia (FCA) promedio de 2.0 (Ej. 2 TM de alimento seco producen una tonelada métrica de camarón en base al peso vivo).

La acuicultura consume un 32% de la producción mundial de harina de pescado, la cual fue estimada en el 2000 en 6.2 MTM y se espera que en el 2010 el consumo de harina

por acuicultura se duplique mientras la producción de harina se mantendrá constante (Hardy, 2000). Dicha situación hace necesaria la explotación de nuevos ingredientes alternos como fuentes de proteína, nutritivos y económicos.

### **1.7 EL RECURSO LANGOSTILLA.**

En México uno de los recursos naturales con mayor potencial de utilizarse como ingrediente para alimentos balanceados es la langostilla (*Pleuroncodes planipes*), ya que esta especie no está aún sujeta a una explotación comercial y es muy abundante. Se trata de un crustáceo decápodo perteneciente a la familia galatheidae, también conocido como “cangrejo rojo” ó “red crab” (Fig. 7), que habita la costa Oeste de Norteamérica, teniendo sus centros de distribución y mayor abundancia en la plataforma continental de Baja California Sur entre los 24° y 27° L.N.; sin embargo, se ha reportado su presencia desde los 11° hasta los 37° L.N. (Glynn, 1961; Boyd, 1963; Escoto y Orellana, 1981; Auriolles-Gamboa, 1992), (Fig. 8).



**Figura 7. Langostilla (*Pleuroncodes planipes*).**

En ocasiones llega a representar hasta el 70% de la fauna de acompañamiento en la pesquería de camarón en Baja California y forma parte de la cadena alimenticia para numerosas especies como son: aves marinas, atún de aleta amarilla, y otras, asimismo, es un alimento importante de las ballenas( Boyd, 1960, 1963, 1967; Blackburn, 1969;

Longhurst *et al.*, 1967; Kato, 1974; Galván, 1988; Balart y Castro, 1992; Aurióles-Gamboa, 1994). Aurióles-Gamboa *et al.* (1995) estimaron una abundancia de 735,929 ton/año para las costas de Baja California y sugiere que 40,000 toneladas de este organismo podrían capturarse durante la fase inicial de la pesquería con el fin de no abatir el recurso y hacerlo sustentable.

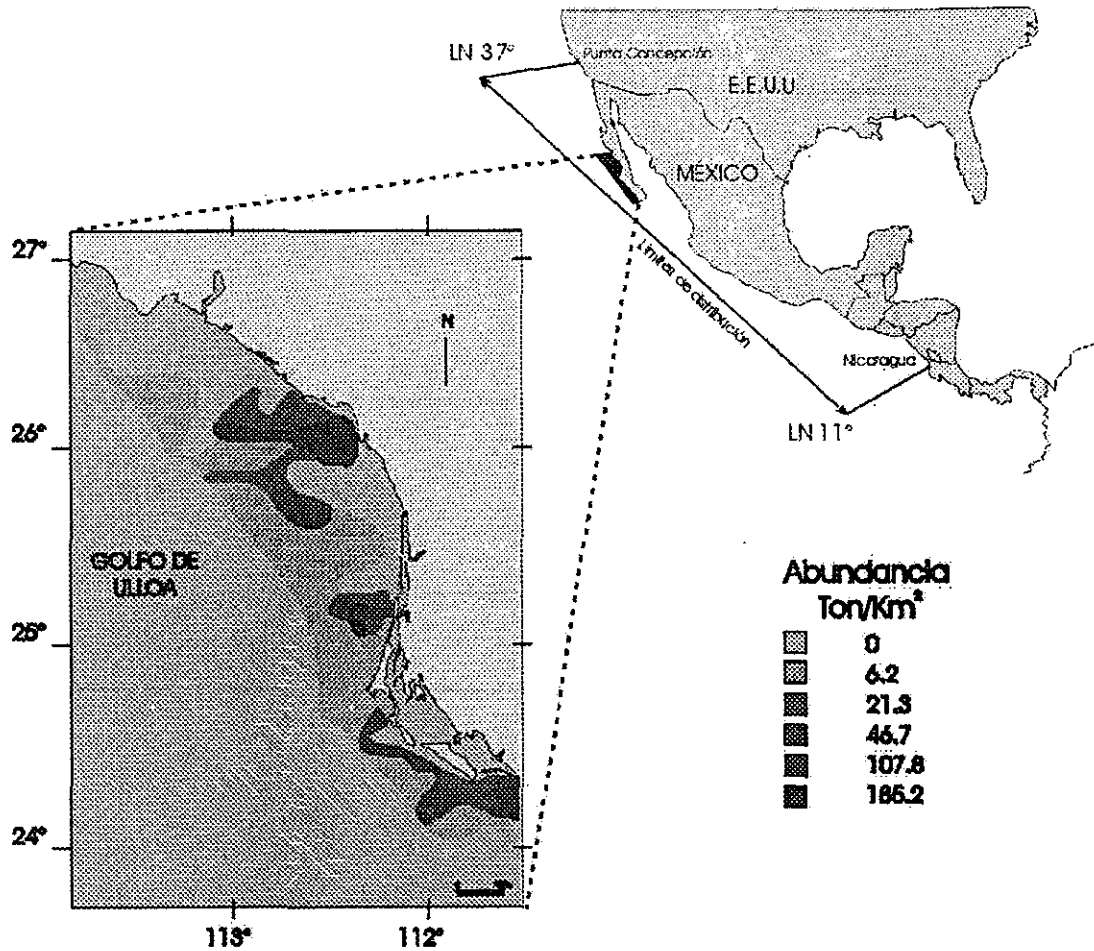
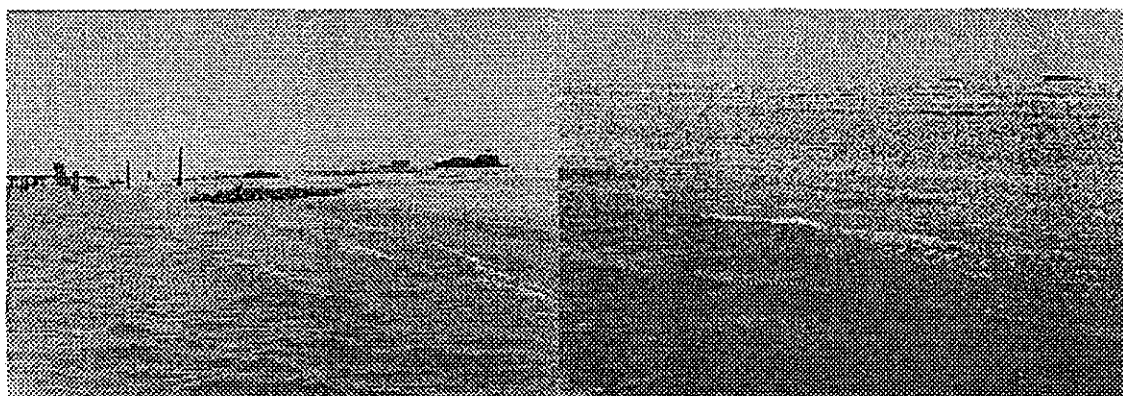


Figura 8. Distribución y contornos de densidad de la langostilla bentónica (*P. planipes*) de la plataforma continental para la región sur (24°-27° N), durante invierno-primavera (Aurióles-Gamboa *et al.*, 1995).

### 1.7.1 CICLO DE VIDA DE LA LANGOSTILLA.

En el ciclo de vida de la langostilla las larvas, juveniles y preadultos son planctónicos y es lo que comúnmente se conoce como langostilla pelágica. Estos tienen un tamaño estándar de caparazón alrededor de 17-20 mm y ocasionalmente hacen

movimientos a la superficie, por lo general en la noche. Cuando alcanzan una talla de 32-34 mm de cefalotórax, se convierten en totalmente bentónicos. La población bentónica realiza movimientos batimétricos en el área comprendida entre los 24° y 27° N, en donde se dispersan durante el invierno y primavera a una profundidad máxima de 200 m; estos organismos están generalmente asociados a temperaturas alrededor de los 16 °C. Una notable característica en la fase pelágica es que realizan varamientos masivos “mass strandings”(Fig. 9), que han sido reportados en Bahía Magdalena y otras zonas en la Península de Baja California, así como en las costas de California, EUA, y generalmente son anuales, aunque generalmente no se presentan durante los años “Niño” (Civera comunicación personal).



**Figura 9. Varamientos masivos de langostilla (*P. planipes*) en Punta Arenas B.C.S., México.**

### **1.7.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LANGOSTILLA.**

La composición química de la langostilla es variable y depende de los siguientes factores: 1) la zona donde se captura, 2) la profundidad en que se localice, 3) la época del año, 4) el ciclo de vida en que se encuentre; es por esta razón, y por la utilización de diferentes métodos analíticos, que los datos de composición química que se encuentran publicados hasta ahora presentan ciertas variaciones (Tabla 3).

Actualmente se sabe que el valor nutricional de las proteínas está determinado por su contenido de aminoácidos. Comparando la cantidad de los aminoácidos de la langostilla con lo recomendado por (Akiyama *et al.*, 1991) para camarón, se evidencia que todos los

aminoácidos indispensables se encuentran en las cantidades requeridas, a excepción de la metionina que empieza a ser el aminoácido limitante (Tabla 4).

**Tabla 3. Comparación del análisis químico proximal de la langostilla, *P. planipes*.**

Fuente	(% En Base Seca)			
	Proteína	Extracto etéreo	Ceniza	Quitina
Pierce y Col., 1971 Costa Occidental de B.C.S.	48.70	7.6	35.9	10.9
CALCOFI, 1970	21.21	3.29	15.15	4.76
Gallardo, 1975 Costa Occidental de B.C.S.	42	4.7	35	10.7
Recursos Marinos Vivientes en San Diego, Cal., 1975	45.87	10.72	27.19	21.62
Spinelli <i>et al.</i> , 1974 Punta Rosalía, B.C.S.	40.8	14	12.8	6.8
Jiménez, 1978 Isla Santa Margarita, B.C.S.	54.7	4.7	22.9	13.8
Aurioles, 1994 Bahía Magdalena	41.71	14.12	29.04	-
Castro <i>et al.</i> , 1995	21-54.7	4.7-14	12-8-35.9	4.7-21.6
Laboratorio de Bioquímica del CIBNOR Villareal, 1995	37.56	5.04	10.67	21.63

Al comparar el perfil de aminoácidos de la langostilla con el de los peces, se observa que los valores son similares excepto por el alto contenido de ácido aspártico y ácido glutámico, común en los crustáceos. Los aminoácidos de la langostilla procedentes de diferentes zonas, épocas y edades, indican que al parecer la calidad de la proteína se mantienen constante. Castro-González *et al.* (1995) y Spinelli *et al.* (1974).

Los datos sobre la composición de ácidos grasos de la langostilla muestran una gran variación (Tabla 5), misma que se relaciona con la edad, hábitos alimenticios, y estado fisiológico del animal, principalmente (Castro-González *et al.*, 1995; Vander *et al.*, 1971).



**Tabla 4. Contenido de aminoácidos en la langostilla *P. planipes* (g/100g de proteína).**

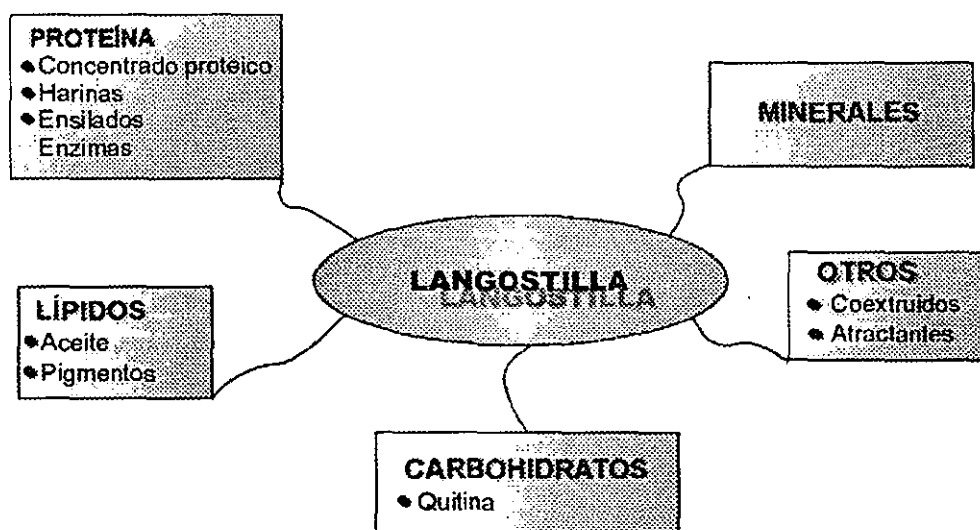
Aminoácido	Recomendado	Gallardo (1975)	Spinelli <i>et al</i> (1974)	García-Carreño <i>et al.</i> (1999)
Treonina*	3.6	5.4	3.9	4.8
Valina*	4.0	5.5	7.9	6.0
Metionina*	2.4	2.2	2.0	1.6
Isoleucina*	3.5	3.7	3.6	4.4
Leucina*	5.4	6.6	5.9	7.2
Fenilalanina*	4.0	4.3	5.0	3.9
Lisina*	5.3	6.1	6.6	5.7
Triptofano*	0.8	1.4	1.5	4.7
Ácido aspártico	-	15.5	9.2	-
Ácido glutámico	-	16.9	12.3	11.4
Serina	-	5.5	3.9	4.6
Prolina	-	3.8	4.2	6.2
Alanina	-	6.2	5.8	9.7
Glicina	-	6.3	6.0	9.8
Cisteína	-	1.4	0.8	0.1
Tirosina	-	3.2	9.1	4.9
Histidina*	2.1	3.4	2.6	2.0
Arginina*	5.2 <sup>2</sup>	7.2	7.6	4.7

\*Aminoácidos esenciales para camarón. <sup>1</sup> Akiyama *et al.* (1991). <sup>2</sup>Chen *et al.* (1992).

**Tabla 5. Composición de ácidos grasos en langostilla *P. planipes* (g/100g de grasa).**

Ácidos grasos	Spinelli <i>et al</i> (1974)	Gallardo, (1975)	Pierce <i>et al</i> (1971)
Mirístico 14:0	-	4.59	3.4
Miristoleico 14:1	-	1.06	-
Pentadecanoico 15:0	0.7	1.45	0.8
Palmitico 16:0	23.9	18.51	18.2
Palmitoleico 16:1	7.6	18.45	2.8
Heptadecanoico 17:0	-	3.32	0.6
Estearico 18:0	4.4	2.58	2.9
Oleico 18:1	14.1	29.67	16.4
Linoléico 18:2	-	2.25	2.3
Linolénico 18:3	0.9	1.12	1.6
Arcaico 20:0	-	3.85	0.5
Gadoléico 20:1	1.4	0.77	-
Eicosapentaenoico 20:5	11.4	-	17.4
Docosahexaenoico 22:6	17.9	2.34	28.4
Lignocérico 24:0	-	2.25	-

La composición proximal, perfil de aminoácidos y composición de ácidos grasos de la langostilla (*P. planipes*) mostrada en las tablas 3, 4 y 5 indican que la langostilla es un ingrediente proteico y lipídico adecuado para ser utilizado en la alimentación de camarones por cubrir los requerimientos nutricionales que necesitan estos para su óptimo crecimiento y desarrollo (Villareal, 1995). Además, que podría ser empleada para la obtención de muy diversos productos con una gran cantidad de aplicaciones, entre otras, en la industria de alimentos, farmacéuticos y biotecnología. De ahí la importancia de realizar estudios tendientes a desarrollar tecnologías para el aprovechamiento de la langostilla. En la figura 10 se ilustran de manera general los principales productos que se pueden obtener a partir de la langostilla.



**Figura 10.** Usos potenciales para la langostilla (*P. planipes*) (Tomado de Civera *et al.*, 2000).

Una de las características que han distinguido a la langostilla es que es un producto perecedero de rápida descomposición debido a la actividad enzimática presente en su hepatopáncreas (autohidrólisis). De ahí el interés de emplear métodos para estabilizar el producto, aumentar su vida de anaquel, conservar o potenciar sus cualidades nutricias y aumentar su valor agregado. Para ese fin, existen métodos que pueden ser implementados, tales como la fabricación de hidrolizados, ya sea químicos, microbiológicos o enzimáticos (Civera *et al.*, 1998).

## *1.8 HIDROLIZADOS COMO INGREDIENTES NUTRITIVOS EN LA ACUACULTURA.*

La hidrólisis es un proceso por medio del cual las moléculas complejas como las proteínas son parcialmente digeridas hasta unidades más simples como polipéptidos, péptidos y aminoácidos. Esta reacción puede ser producida por una o varias enzimas, catálisis, por ácidos o por calor y presión (Tacon, 1989; Hardy, 1991).

Las enzimas rompen los enlaces peptídicos adyacentes a aminoácidos específicos, causando cambios en las largas cadenas de proteínas, para convertirlas en cortas cadenas de péptidos y aminoácidos. Este material es perfecto para el crecimiento de microorganismos indeseables por eso es secado o acidificado a un pH de 4.0 para prevenir su descomposición microbiana. Algunos procesos para la fabricación de hidrolizados, acidifican después de que ha sido hidrolizado el material y otros lo acidifican antes de ser hidrolizado. Esta diferencia tiene un profundo efecto en el proceso de hidrólisis; en un pH de 4.0 las enzimas asociadas al intestino como la tripsina, quimiotripsina y las endo y exopeptidasas, son menos activas que a su pH fisiológico (6.2-6.6). A un pH de 4.0 la pepsina es la enzima proteolítica que puede expresar su actividad. El resultado de la mezcla de péptidos y aminoácidos difiere dependiendo del pH y del tiempo de hidrólisis. Esta diferencia tiene mucha influencia en el valor nutricional y propiedades físicas del hidrolizado (Stone y Hardy, 1986).

Los hidrolizados de pescado que se han utilizado como ingredientes en alimentos acuícolas, generalmente son producidos por las mismas enzimas endógenas del pescado ó por la adición de enzimas proteolíticas como la papaína, la pepsina, la proteasa alcalina o la combinación de varias enzimas (Hardy, 1991).

Numerosos estudios han mostrado que el valor nutricional de los hidrolizados de pescado es inversamente relacionado con el grado de hidrólisis del material; con mínima hidrólisis, el material resultante tiene más alto valor nutricio en comparación con uno que ha sido extensivamente hidrolizado. La mayoría de los estudios realizados hasta la fecha evalúan la

sustitución total de la harina de pescado por hidrolizados de pescado, mostrando que las diferencias en el valor nutricional (medido por el crecimiento ponderal del organismo) está relacionado con el tiempo de absorción de los aminoácidos que provienen de las proteínas intactas y de los que están en forma libre y asociados a pequeñas cadenas de péptidos (Hardy *et al.*, 1983; Hardy *et al.*, 1984; Stone y Hardy, 1986, 1989; Stone *et al.*, 1989; Hardy, 1991; Cahu *et al.*, 1999; Oliva *et al.*, 1999; Kolkovski y Tandler, 2000; Kolkovski *et al.*, 2000).

Recientemente se han generado nuevos productos comerciales a partir de organismos marinos como los hidrolizados de krill o de pescado. Estos hidrolizados son obtenidos por vía enzimática y han demostrado ser muy efectivos como atractantes y/o fuentes de proteína para peces (Hardy, 1991; Cahu *et al.*, 1999; Kolkovski y Tandler 2000). La langostilla representa una materia prima idónea para ser empleada en la obtención de hidrolizados enzimáticos que podrían ser empleados para la sustitución de la harina de pescado o como atractantes en dietas para camarones (Civera *et al.*, 2000).

Por otra parte, un aspecto muy importante en la nutrición de los organismos acuáticos es el conocer los requerimientos nutricionales, ya que esto permite diseñar alimentos balanceados adecuados para cada especie y condiciones de cultivo. Desgraciadamente, se sabe muy poco sobre dichos requerimientos en la mayoría de las especies acuáticas, a pesar de que algunas de ellas ya están siendo sujetas a una explotación comercial como es el caso del cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Civera *et al.*, 1992).

## II. ANTECEDENTES

La alimentación es uno de los factores más importantes para la Acuicultura ya que representa el mayor costo de operación de las granjas (Tacon, 1989; Lawrence y Lee, 1997). Un óptimo aprovechamiento de este factor permitirá elevar la eficiencia y rentabilidad de la producción en los acuacultivos (Tacon, 1996; Civera *et al.*, 1998).

Existe un gran número de ingredientes alternativos prometedores (Tacon, 1994; Tacon y Akiyama, 1997), como ejemplos se pueden citar la utilización de la grilleta (*Pterophylla beltrani*) o la harina de camarón como fuentes de proteína en dietas para camarón (Cruz-Suárez *et al.*, 1990 y 1993). Tinsley *et al.* (1984) estudiaron el uso de la mosca doméstica (*Musca domestica*) en alimentos balanceados para camarón. García y Jaime (1990) trabajaron con la lombriz de tierra (*Eudrilus eugeniae*) como ingrediente en dietas para poslarvas. Sin embargo, uno de los principales problemas que afrontan esos ingredientes son la baja disponibilidad o el deficiente acopio de la materia prima (Civera *et al.*, 1998).

En México uno de los recursos naturales con mayores probabilidades de utilizarse como ingrediente para alimentos balanceados es la langostilla, ya que puede ser capturada de manera masiva (abundancia estimada: 700,000 ton/año en Baja California) además, tiene una composición química de gran valor para la nutrición animal (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1995, Castro *et al.*, 1995).

El CIBNOR ha venido realizando investigaciones sobre la calidad nutricional de la langostilla, al emplearla en forma de harina como ingrediente en alimentos para camarones peneidos (Casillas y Magallón, 1988; Villarreal *et al.*, 1992; Civera *et al.*, 1992; Goytortúa, 1993; Villarreal *et al.*, 1994; Civera *et al.*, 1994), observándose que no sólo es un ingrediente viable para sustituir parcial o totalmente las harinas de pescado, cabeza de camarón o pasta de soya en alimentos para *Farfantepenaeus californiensis* y *Litopenaeus vannamei*, sino que a ciertos niveles de inclusión en la dieta, permite incrementar el consumo (poder attractante), acelerar el crecimiento, aumentar la actividad proteolítica en el hepatopáncreas y mejorar la digestibilidad de la proteína y los lípidos del alimento

(Goytortúa, 1993; Civera *et al.*, 2000). Goytortúa (2000) determinó el valor nutricional de varios productos (extracto lipídico y concentrado proteínico) obtenidos a partir de langostilla (*P. planipes*), mediante un experimento de crecimiento y digestibilidad con juveniles de *L. vannamei*, encontrando en la fracción proteínica un promotor de crecimiento.

El grupo de Nutrición del CIBNOR ha realizado algunas pruebas de fabricación de harina de langostilla a escala industrial, obteniéndose un producto de buena calidad (Hernández, 1999; Sosa, 2000) con buenos rendimientos y, adicionalmente, aceite de langostilla probado como enriquecedor en ácidos grasos de los rotíferos empleados como presas vivas para el cultivo de la cabrilla *Paralabrax maculafasciatus* (Roldan *et al.*, 1999). Los resultados hasta ahora obtenidos con la fabricación de la harina a nivel industrial son muy alentadores, así como en las pruebas a nivel de laboratorio, pero se requiere seguir trabajando en conocer el valor nutricional de diversos productos no convencionales a partir de la langostilla (*P. planipes*) como pueden ser los hidrolizados proteicos de langostilla.

Los hidrolizados de proteína son considerados como productos de la segunda generación de ingredientes proteicos para alimentos en acuicultura. Algunos estudios han demostrado las ventajas de la sustitución de harinas de pescado por hidrolizados proteicos y la manera de fabricarlos (Hardy, 1991; Cahu *et al.*, 1999; Oliva *et al.*, 1999; Kolkovski y Tandler, 2000; Kolkovski *et al.*, 2000). Existen pocos antecedentes sobre hidrolizados de langostilla. Goyas *et al.* (1997) trabajaron en la definición de una metodología a nivel laboratorio para la recuperación de péptidos solubles y carotenoproteínas a partir de langostilla, utilizando procesos de hidrólisis con diversas enzimas, concluyendo que los productos obtenidos pueden ser utilizados para alimentos de camarones y peces. Posteriormente, García-Carreño *et al.* (1999) fabricaron hidrolizados de langostilla para caracterizarlos, conocer su contenido en proteína y carotenoproteínas, a fin de medir el rendimiento de obtención de estos productos. Los resultados encontrados muestran que una parte de la astaxantina presente en la langostilla se puede recobrar como carotenoproteína, la cual en principio, es menos vulnerable a la oxidación y es mejor asimilada por algunas especies de peces. Sin

embargo, los autores de ese trabajo no realizaron ensayos *in vivo* para poder demostrar la supuesta mejor asimilación en peces u otros organismos.

La producción de hidrolizados de proteína, pigmentos y fracciones de ácidos grasos tal vez justificaría por sí sola la pesca y explotación comercial de la langostilla; sin embargo, la información generada hasta ahora no es suficiente para asegurarlo. Se han realizado algunos ensayos para evaluar la calidad nutricia de los hidrolizados, al ser empleados como sustitutos de la harina de pescado normalmente usada en los alimentos de especies acuícolas. Anggawati *et al.* (1990) reemplazó el 3, 5 y 8% de la harina de pescado por un hidrolizado de proteína de pescado en dietas para *P. monodon*, no encontrando diferencias significativas entre los diversos tratamientos alimenticios. Lawrence y Castille (1991) incluyeron el 5% y 10% de harina de pluma hidrolizada por cocción en dietas para *P. vannamei*, encontrando pequeñas diferencias en crecimiento con respecto a la fuente proteica de referencia. Mendoza *et al.* (1995, 1998) valorizaron diferentes hidrolizados de pluma coextruida con pasta de soya, en dietas para *P. vannamei* y encontraron pequeñas o nulas diferencias cuando sustituyeron los hidrolizados por las harinas de pescado. Córdova-Hernández y García-Carreño (2001) reemplazaron el 3, 9 y 15% de la harina de pescado por diversos ingredientes experimentales (hidrolizado de krill, hidrolizado de pescado y harina de calamar) en dietas para *P. vannamei*, encontrando que cualquiera de estos ingredientes probados pueden ser usados como sustitutos de la proteína aportada por el pescado.

Recientemente, varias compañías se han involucrado en la producción de diversos hidrolizados. Specialty Marine Products LTD, esta produciendo varios productos a base de Krill (*Euphausia pacifica*) para la acuicultura, mismos que son preparados usando bioprocesos que mejoran la calidad del producto fresco. Dicha compañía ha realizado varios estudios con diferentes especies y en diferentes países, con la finalidad de evaluar sus diferentes productos principalmente en estadios larvales de peces. Sus estudios técnicos muestran claramente que se incrementa el consumo del alimento que contiene alguno de sus productos, y en algunos casos mejoran drásticamente el crecimiento, comparado con otros productos comerciales. Esto lo atribuyen al cuidadoso bioproceso que le dan al krill (*E. pacifica*), el cual conserva sus importantes constituyentes nutricios, mejora el sabor y el

olor del alimento. En dos trabajos realizados por dicha compañía donde sustituyeron del 50% de harina de pescado por hidrolizado de krill (*E. pacifica*) en dietas para la lobina (*Dicentrarchus labrax*) y la dorada (*Sparus aurata*), encontraron que después de seis semanas de cultivo se incrementa el alimento consumido y subsecuentemente el crecimiento de los organismos que se alimentaron con el hidrolizado de krill (información técnica proveniente de la compañía).



### III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la mayoría de las pesquerías tradicionales están llegando a su máximo nivel de explotación o ya lo hay alcanzado y no se espera que las producciones por pesca aumenten. Una de las alternativas para la producción de recursos de origen marino es la acuicultura. En el caso específico del camarón, las estadísticas muestran que los costos de explotación pesquera son cada vez mas elevados y los rendimientos son menores, mientras que la tecnología del cultivo de esta especie se depura y expande cada vez mas, lo cual trae consigo una reducción en los costos de operación y producción.

El desarrollo de tecnologías para el cultivo de camarón depende de manera directa de la obtención de alimentos que sean nutricionalmente balanceados y económicos, ya que el costo del alimento que se utiliza para el cultivo del camarón puede equivaler hasta más de dos terceras parte de los costos de operación de las granjas, por lo que es necesario buscar ingredientes nuevos y alimentos más eficientes, a fin de disminuir los costos de producción en la acuicultura.

En la actualidad no se conocen todos los requerimientos nutricionales del camarón. (Tacon y Cowey, 1985; Tacon, 1989; Akiyama, 1989, 1993; Tacon, 1997; Tacon y Foster, 2000). Sin embargo, se han elaborado una gran cantidad de alimentos, en donde su principal ingrediente es la harina de pescado, la cual tiene un alto costo en el mercado y un paulatino decremento en su producción. Por lo que se están buscando nuevas fuentes de proteína no convencionales y que sean de bajo costo, lo cual se traduciría en una significativa reducción de los precios del alimento balanceado.

En México, y en especial en las costas de Baja California Sur, se encuentran algunos recursos naturales con gran potencial para ser utilizados para la elaboración de dietas para camarón, como son el calamar, las levaduras marinas, los desperdicios de la almeja catarina y la langostilla (Civera *et al.*, 1998).

La langostilla representa una fuente de proteína con gran potencial de uso, dada su abundancia y composición química. Se ha demostrado que la harina de langostilla es un buen sustituto parcial de las harinas de pescado, por lo que se ha propuesto como un ingrediente adecuado para la elaboración de alimentos para camarón. Sin embargo, la langostilla es una materia prima que puede aprovecharse de diferentes maneras para obtener así diversos productos de alto valor agregado como concentrados proteicos, lipídicos, pigmentos e hidrolizados. Además, la alta actividad enzimática presente en el hepatopáncreas de la langostilla hace que tenga una rápida descomposición, de ahí el interés de emplear métodos para la estabilización del producto, aumentar la vida de anaquel y conservar o potenciar sus cualidades nutricias.

En este trabajo se evalúa por primera vez la inclusión de un hidrolizado de langostilla a diferentes concentraciones como sustituto de la harina de pescado en alimentos para juveniles de camarón *L. vannamei*, y se compara su eficiencia con respecto a un hidrolizado comercial.

#### **IV. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

- Tomando en cuenta que la langostilla es una buena fuente de proteína, la elaboración del hidrolizado con una enzima proteolítica podrá ser realizada de manera satisfactoria y el producto podrá ser utilizado como ingrediente en alimentos para juveniles de camarón.
  
- El hidrolizado de langostilla es un buen sustituto de la harina de pescado en alimentos para camarón, lo que permite obtener los mismos rendimientos que con el alimento control (sin hidrolizado), en términos de parámetros zootécnicos y de eficiencia alimenticia, bajo condiciones de cultivo intensivo en laboratorio.

## V. OBJETIVOS

### ***OBJETIVO GENERAL***

Evaluar la calidad nutricional de un hidrolizado de langostilla como insumo proteico en alimentos para juveniles de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) cultivados a nivel de laboratorio.

### ***OBJETIVOS PARTICULARES***

1. Elaborar un hidrolizado de langostilla por vía enzimática, utilizando una enzima proteolítica comercial.
2. Realizar un bioensayo de crecimiento para evaluar el efecto del nivel de sustitución de la harina de pescado por hidrolizado de langostilla en alimentos para juveniles del camarón *Litopenaeus vannamei*, bajo condiciones de cultivo intensivo en laboratorio.
3. Comparar la calidad nutricia del hidrolizado de langostilla con la de un hidrolizado comercial.

## **VI. MATERIAL Y MÉTODOS**

El trabajo experimental fue realizado en el Laboratorio de Nutrición Acuicola del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., ubicado a 17 Km. de la ciudad de La Paz. Baja California Sur, México.

### **6.1 CAPTURA Y MANEJO DE LA LANGOSTILLA.**

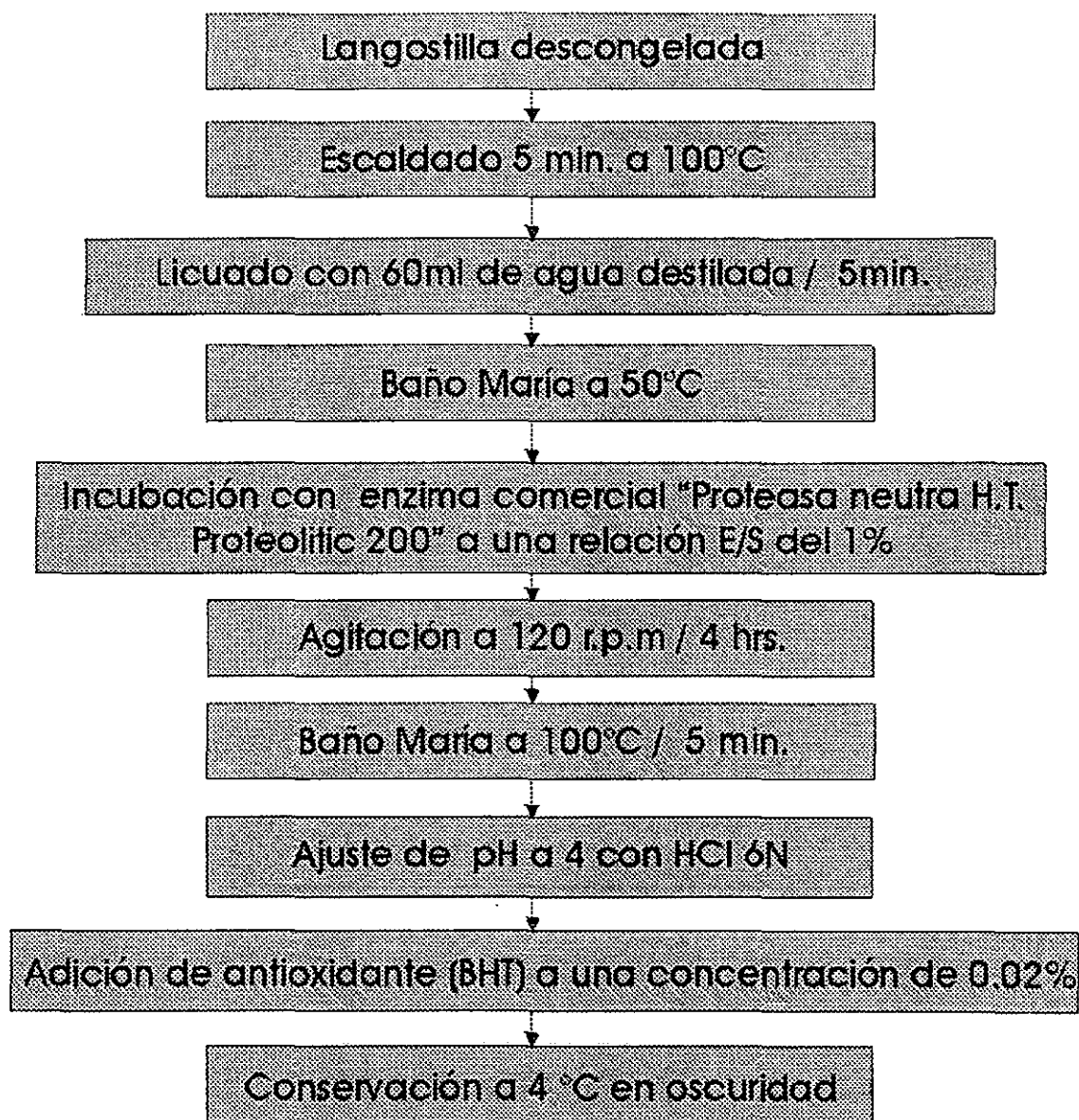
La langostilla de plataforma continental se capturó frente al complejo lagunar Magdalena-Almejas, B.C.S., mediante pesca por arrastre en banda con red camaronera a bordo del barco experimental BIPII del CIBNOR y se conservó en congelación a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su uso.

### **6.2 FABRICACIÓN DEL HIDROLIZADO DE LANGOSTILLA.**

La langostilla se descongeló a temperatura ambiente y se seleccionaron los organismos mejor conservados en cuanto a sus estructuras morfológicas. Ciento cincuenta gramos de langostilla se colocaron en un colador metálico que se sumergió en un baño María de agua dulce durante 5 minutos a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Transcurrido ese tiempo, se puso la langostilla en charolas de plástico para que se enfriara a temperatura ambiente. Se homogenizó con 60 ml de agua destilada durante 5 minutos en una licuadora Waring<sup>MR</sup>. Posteriormente se colocó la muestra en un matraz Erlenmeyer de 500 ml dentro de un baño María a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Para iniciar la hidrólisis de la langostilla se agregó la enzima comercial "Proteasa neutra HT Proteolitic 200" (ENMEX, S.A. de C.V.) a una relación enzima/sustrato (E/S) de 1% y se mantuvo en agitación a una velocidad de 120 r.p.m durante 4 horas. Después de este tiempo se detuvo la reacción colocando el matraz en un baño María a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 5 minutos.

Para conservar el hidrolizado, se ajustó el pH a 4 con HCl 6N, y se le agregó antioxidante Butilhidroxitolueno (BHT) a una concentración final de 0.02%.

El hidrolizado se mantuvo a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en oscuridad hasta su utilización en los alimentos (Fig. 11).



**Figura 11. Fabricación del hidrolizado de langostilla (*P. planipes*).**

### **6.3 FORMULACIÓN DE ALIMENTOS.**

La formulación de los alimentos se hizo con la ayuda del paquete MIXIT-Win<sup>MR</sup>, teniendo como base la dieta control con 40 % de proteína reportada en Goytortúa (1993) y tomando en cuenta los requerimientos nutricios reportados para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Akiyama y Dominy, 1989).

Se formularon un total de 7 alimentos (Tabla 6): un control sin hidrolizado (dieta CR); tres alimentos con diferentes niveles de inclusión de hidrolizado de langostilla, a manera de sustituir el 5%, 15 y 25% de la proteína aportada por la harina de pescado del alimento control (dietas HLS5%, HLS15% y HLS25% respectivamente ), y tres dietas con diferentes niveles de inclusión de un hidrolizado líquido comercial a base de krill (*Euphausia pacifica*) producido por la empresa Specialty Marine Products (Vancouver, Canadá), a manera de sustituir el 5%, 15 y 25% de la proteína aportada por la harina de pescado del alimento control (dietas HKS5%, HKS15% y HKS25% respectivamente).

Debido a la diferencia en el contenido proteico de la harina de pescado (67.01%), el hidrolizado de langostilla (41.70%) y el hidrolizado de krill (49.54%), la sustitución de la harina de pescado fue hecha en base al porcentaje de proteína aportado a la dieta y no en base al nivel de inclusión. Es decir, que las sustituciones de 5, 15 y 25% de la proteína de la harina de pescado son equivalentes a inclusiones de 2.34, 7.0, 11.68% de hidrolizado de langostilla y 2.03, 6.68, 10.14% de hidrolizado de krill.

Tabla 6. Composición de los alimentos (g/100g alimento).

Ingrediente	CR	Langostilla HLS5%	Langostilla HLS15%	Langostilla HLS25%	Krill HKS5%	Krill HKS15%	Krill HKS25%
Harina de sardina <sup>1</sup>	29.59	28.48	25.49	22.48	28.48	25.49	22.48
Hidrolizado de Langostilla <sup>2</sup>		2.34	7	11.68			
Hidrolizado de Krill <sup>3</sup>					2.03	6.08	10.14
Pasta de soya <sup>4</sup>	20	20	20	20	20	20	20
Harina de trigo <sup>5</sup>	22.50	21.63	24.55	27.28	22.29	26.49	30
Harina de sorgo <sup>6</sup>	20	19.64	15.05	10.28	19.29	14.03	9.46
Grenetina <sup>7</sup>	4	4	4	4	4	4	4
Aceite de atún <sup>8</sup>	1	1	1	1	1	1	1
Lecitina de soya <sup>9</sup>	1	1	1	1	1	1	1
Vitamina C <sup>10</sup>	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Cloruro de colina (99%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Premezcla de vitaminas <sup>11</sup>	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Premezcla de minerales <sup>12</sup>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

<sup>1</sup> Harina de sardina HPS9901-65, <sup>2</sup> Hidrolizado de langostilla HL0001, <sup>3</sup> Hidrolizado de krill HK0001, <sup>4</sup> Pasta de soya PS9901-01, <sup>5</sup> Harina de trigo TX9901-01, <sup>6</sup> Harina de sorgo SM0008-01, <sup>7</sup> Grenetina G9901, <sup>8</sup> Aceite de atún AA T0003, <sup>9</sup> Lecitina de soya LSY0002, <sup>10</sup> (Stay C 25% a.a.) Roche, <sup>11</sup> y <sup>12</sup> La composición de estas mezclas se describe en las Tablas 7 y 8 respectivamente.



**Tabla 7. Composición de la premezcla de vitaminas.**

Vitaminas	UI o mg/kg de alimento	g/100g de premezcla	Número de Catálogo ICN <sup>1</sup> , SIGMA <sup>2</sup>
Vitamina A acetato (Retinol)	15000 UI	0.01	160079 <sup>1</sup>
Vitamina D <sub>3</sub> (Colocalciferol)	7500 UI	3.72	160107 <sup>1</sup>
Vitamina E (Tocoferol)	400	7.93	100555 <sup>1</sup>
Vitamina K <sub>3</sub> Menadiona	20	0.40	102259 <sup>1</sup>
Tiamina (B <sub>1</sub> ) mononitrato	150	2.98	T-4625 <sup>2</sup>
Riboflavina (B <sub>2</sub> )	100	1.98	R-4500 <sup>1</sup>
Piridoxina (B <sub>6</sub> ) hidrociorada	50	0.99	102777 <sup>1</sup>
Ácido D-pantoténico	100	1.98	101228 <sup>1</sup>
Niacina (Ac. Nicotínico)	300	5.95	102446 <sup>1</sup>
D-Biotina	1	0.02	B-4501 <sup>2</sup>
Inositol	500	9.92	I-5125 <sup>2</sup>
Ácido fólico	20	0.40	101725 <sup>1</sup>
Cianocobalamina (B <sub>12</sub> )	0.1	0.002	103271 <sup>1</sup>
Celulosa (vehículo)	1000	19.84	191499 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>ICN Biomedicals Inc. Ohio. USA. <sup>2</sup> Sigma Co. St. Louis. USA.

**Tabla 8. Composición de la premezcla de minerales.**

Mineral	g/kg de alimento	g/100g de premezcla	Número de Catálogo SIGMA <sup>1</sup>
KCl	0.5	14.29	P-3911
MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	0.5	14.29	M-9397
ZnSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	0.09	2.57	Z-0501
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	0.0234	0.67	M-3634
CuCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	0.005	0.15	C-6917
KI	0.05	0.15	P-4286
CoCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	0.0025	0.07	C-2644
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2.37	67.71	S-0876

<sup>1</sup> SIGMA, Co. St. Louis, USA.

#### 6.4 FABRICACIÓN DE ALIMENTOS.

Los ingredientes sólidos fueron finamente molidos en un molino de martillos y tamizados a través de un tamiz de 500 micras, para después ser mezclados por 15 minutos en una mezcladora KITCHEN AID<sup>MR</sup>. Adicionando primero los macroingredientes secos (harina de sardina, pasta de soya, harina de trigo, harina de sorgo, grenetina), seguidos de la mezcla de microingredientes (vitamina C, cloruro de colina, premezcla de vitaminas, premezcla de

minerales), adicionando posteriormente una emulsión elaborada con el aceite de pescado y la lecitina. Una vez bien mezclados todos los ingredientes, se agregaron los hidrolizados de langostilla o krill y una cantidad de agua de aproximadamente el 35% del peso de la masa de cada alimento. La masa resultante fue extruida en un molino de carne TOR-REY<sup>MR</sup> en dos ocasiones para obtener pelets de 2 mm de diámetro, mismos que fueron cortados manualmente y secados en una estufa con flujo de aire a 50 °C por dos horas y media. Los pelets fueron quebrados en un molino de granos manual y tamizados para obtener partículas de diferentes tamaños, (microparticulados de 1.44mm, 2mm, 2.36mm y pelet entero 2 mmφ x 3mm de largo aproximadamente), acordes al tamaño de los organismos a alimentar. Posteriormente, los alimentos fueron embolsados, etiquetados y almacenados bajo refrigeración (4°C) hasta su uso. Una muestra de cada alimento fue empleada para realizar análisis de estabilidad en el agua y composición química proximal (ver sección 6.5 y 6.6).

#### **6.5 ESTABILIDAD EN AGUA.**

Los alimentos fueron sometidos a una prueba de estabilidad en agua, siguiendo la metodología a continuación descrita: 2 g de alimento (porcentaje de humedad conocido) se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, el cual contenía 200 ml de agua destilada a 27 °C. Después de una hora de inmersión sin agitación, el contenido del matraz se filtró a través de un papel filtro Whatman No. 1, previamente secado y pesado, con la ayuda de una bomba de vacío. El papel filtro con el alimento residual se sometió a un secado en una estufa con flujo de aire a 70 °C por 24 horas. La fórmula utilizada para determinar la estabilidad de la muestra en el agua, calculada como porcentaje de materia seca retenida, es la siguiente:

$$\% \text{ de Materia Seca Retenida} = \frac{\text{Peso seco del alimento residual}}{\text{Peso seco del alimento inicial}} \times 100$$

## **6.6 ANÁLISIS QUÍMICOS PROXIMALES.**

Los análisis de humedad (estufa a 70 °C durante 24 hrs), proteína cruda (micro Kjeldahl), extracto etéreo (Soxhlet), fibra cruda (hidrólisis ácido-básica) y ceniza (mufla a 550°C durante 24 hrs.) se realizaron por triplicado sobre muestras de langostilla fresca, langostilla hidrolizada, ingredientes de dietas y dietas terminadas, de acuerdo a los métodos de la AOAC (1995).

El Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N) fue calculado por diferencia a 100:

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{ proteína} + \% \text{ Extracto Etéreo} + \% \text{ ceniza} + \% \text{ fibra cruda})$$

## **6.7 BIOENSAYO DE CRECIMIENTO.**

### **6.7.1 SISTEMA EXPERIMENTAL.**

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de nutrición experimental del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (Anexo 2). El sistema de cultivo utilizado para llevar a cabo las evaluaciones biológicas del presente trabajo consistió en 24 acuarios de fibra de vidrio con una capacidad de 60 l (34 x 55 x 38 cm) (Fig. 12).

El sistema de alimentación de agua consiste de una toma de agua a 300mts de la orilla del mar por medio de una bomba de 15 HP que manda el agua a una cisterna externa con capacidad de 240 m<sup>3</sup>. De la cisterna se bombea el agua, pasando por un sistema de filtros de arena de 70 micras (Cristal F<sup>10</sup>) hacia una cisterna de 10 m<sup>3</sup> ubicada dentro del laboratorio. Cada acuario está equipado con un sistema de drenaje para poder tener un flujo de agua continuo, así como un exhaustor externo que permite airear el agua con la ayuda mangueras de aireación alimentadas por un soplador de 5 HP. Se cubren con una malla mosquitero para evitar la fuga de organismos.

La temperatura del agua en los acuarios es controlada por calentadores sumergibles de 250 w (EBO-JAGER) con precisión de ± 0.5 °C. La iluminación del sistema experimental

se hace con focos de 60 w controlados por un Timer a manera de mantener un fotoperíodo constante a lo largo de los experimentos. (Fig. 13).

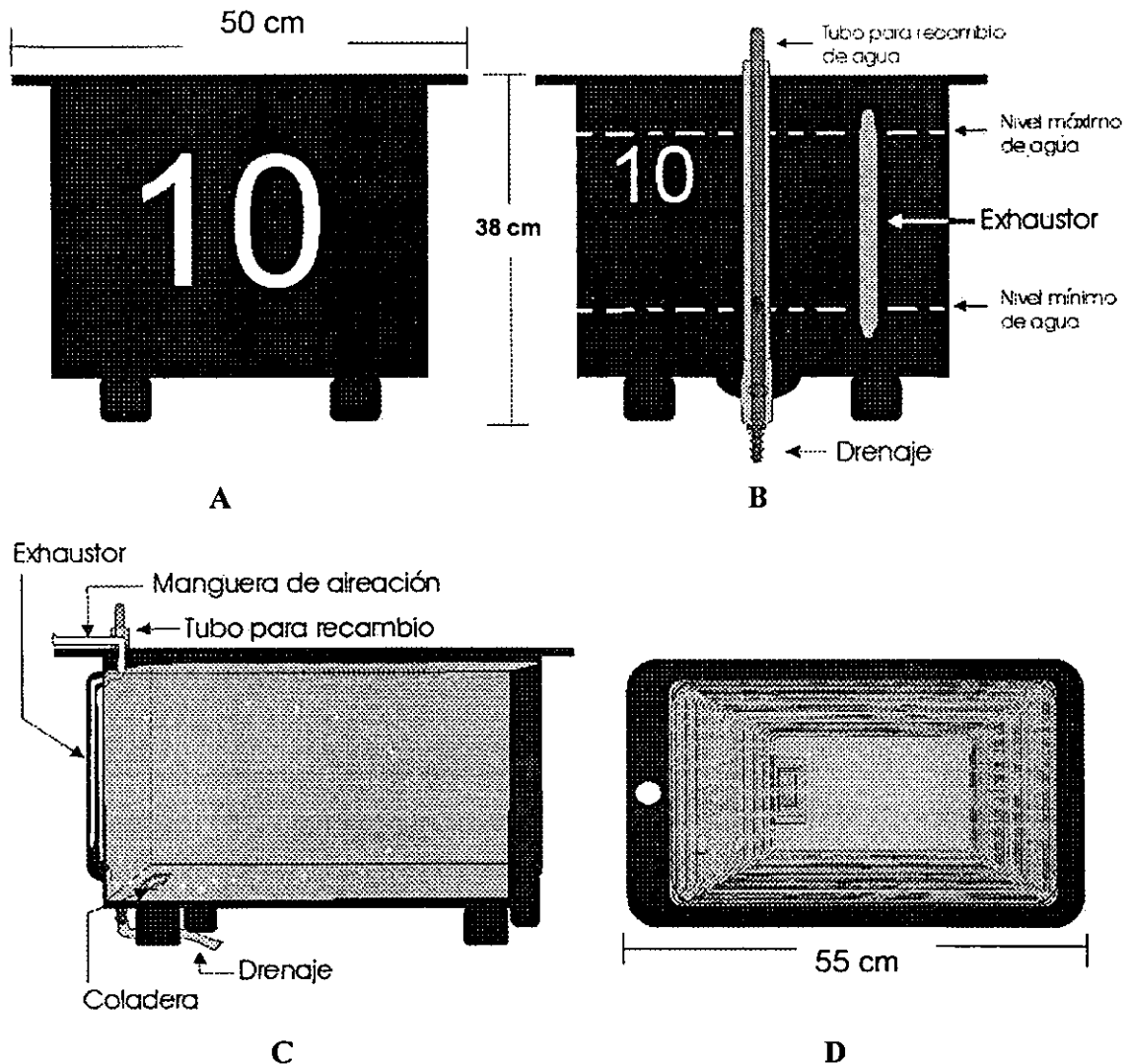


Figura 12. Vistas de los acuarios de fibra de vidrio de 60 L: a) frontal, b) trasera, c) lateral, d) superior.

### 6.7.2 CONDICIONES DE CULTIVO.

Se trabajó con poslarvas 35 de la especie *Litopenaeus vannamei*, obtenidas del laboratorio comercial Acuicultura MAHR, La Paz, B.C.S. Los organismos fueron aclimatados a las condiciones en el laboratorio, la temperatura y salinidad del agua de las bolsas que

contenían las poslarvas, a las condiciones del experimento. Los camarones fueron alimentados con nauplios de *Artemia*, calamar fresco y alimento comercial peletizado para camarón con 40% de proteína (PIASA<sup>MR</sup>). Durante un período de pre-engorda de 60 días. Posteriormente se seleccionaron 210 organismos con peso promedio de  $0.310 \pm 0.02g^1$  y se distribuyeron aleatoriamente en 21 acuarios, a razón de 10 organismos por acuario, a manera de contar con tres réplicas por cada tratamiento alimenticio (dieta).

Se evaluaron siete dietas experimentales por triplicado, en donde se evaluó la sustitución de proteína de harina de pescado por proteína del hidrolizado de langostilla y de krill, durante 30 días en condiciones de cultivo intensivo en laboratorio.

La frecuencia de alimentación fue dos veces al día: 11:00 y 18:00h. La cantidad de alimento inicial fue del 10% de la biomasa total promedio de los organismos en cada acuario, la cual se ajustó a partir del segundo día tomando como base la cantidad de alimento no consumida, estimada por apreciación visual cada mañana, tratando de que la alimentación fuera a saciedad (*ad libitum*).

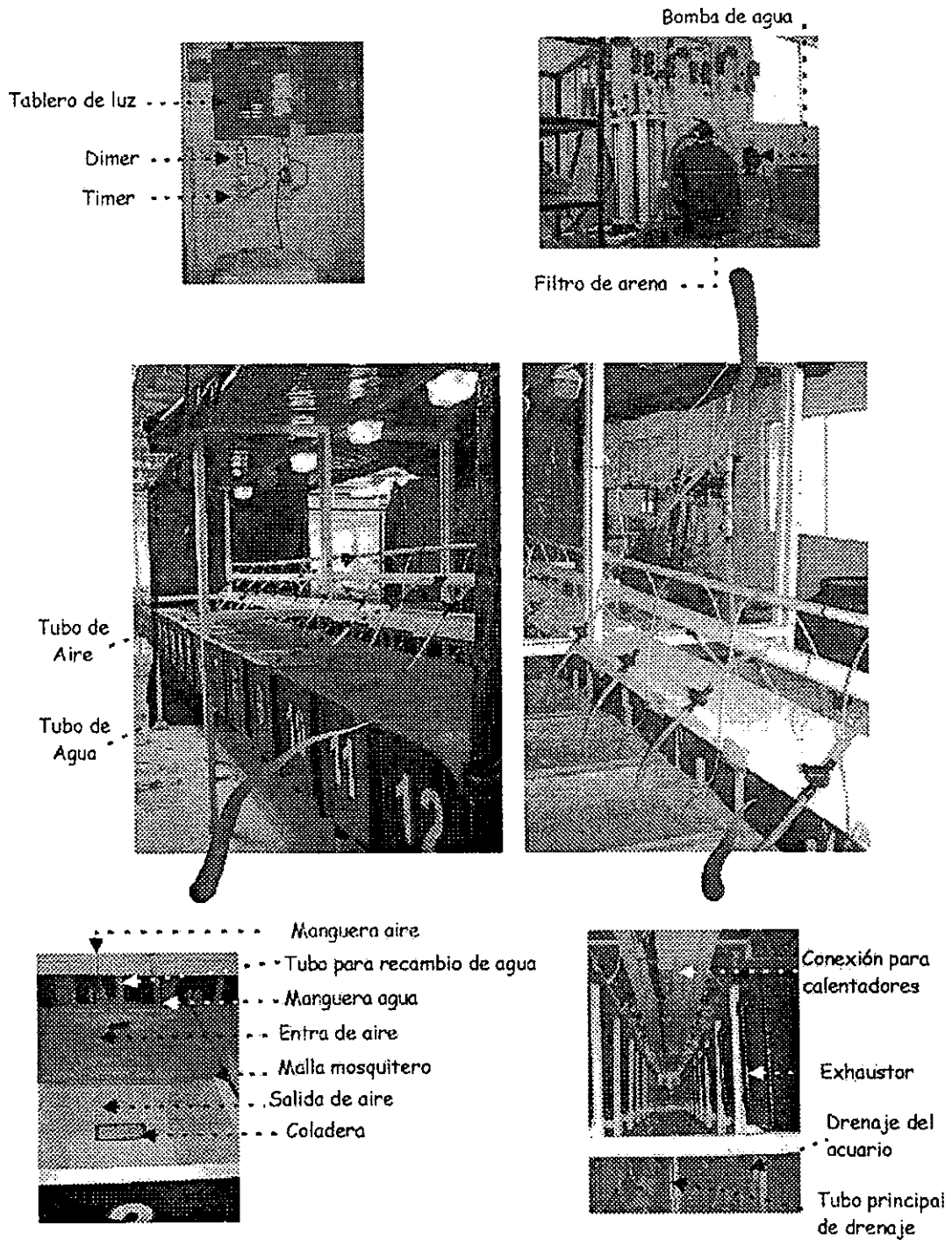
Se realizaron dos biometrías (peso) de los organismos cada 15 días. Todos los organismos fueron pesados individualmente en una balanza OHAUS<sup>MR</sup>, tratando de eliminar, lo mejor posible el exceso de agua de sus cuerpos por medio de toallas de papel absorbente.

Se llevo acabó un monitoreo diario de los parámetros fisicoquímicos. Temperatura por medio de un termómetro de mercurio, la salinidad por medio de un salinómetro YSI<sup>MR</sup> Modelo 33 y el oxígeno disuelto por medio de un oxímetro YSI<sup>MR</sup> Modelo 57. Además, diariamente se determinó la sobrevivencia mediante el conteo de los organismos. Se hizo la estimación del alimento consumido aparente, así como una limpieza de los acuarios sifoneando el excedente de alimento y las heces de los organismos. Estas operaciones se realizaron por la mañana (9:00 horas) antes de la primera alimentación de los camarones.

Al termino de la segunda distribución de alimento, el sistema de 24 acuarios se cubría con plástico negro para no perturbar a los organismos durante la fase de oscuridad.

---

<sup>1</sup>  $\pm$  Desviación estándar



**Figura 13. Sistema de cultivo utilizado para la evaluación de los alimentos en el laboratorio de nutrición experimental en el CIBNOR.**

### 6.7.3 CRITERIOS DE EVALUACIÓN BIOLÓGICA.

Se utilizaron los índices comunes para la evaluación biológica de los organismos alimentados con las diversas dietas (Tacon, 1989):

- Sobrevivencia (S): Es el porcentaje de organismos vivos durante el tiempo de experimentación.

$$S = \frac{Nf}{Ni} \times 100$$

Donde: Nf = número final de organismos.

Ni = número inicial de organismos.

- Tasa de crecimiento porcentual: La tasa de crecimiento de un animal es un índice sensitivo a la calidad del alimento, denota el crecimiento ponderal promedio, expresado en porcentaje.

$$TC = \frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100$$

Donde: Pf, es el peso final del organismo

Pi, es el peso inicial del organismo

- Factor de Conversión Alimenticia (FCA): Es la cantidad de alimento (gramos) necesaria para que el camarón aumente una unidad de peso (gramo).

$$FCA = \frac{\text{Alimento aparentemente consumido (g)}}{\text{Incremento en peso corregido (g)}}$$

Este factor se corrige en función de la mortalidad, de acuerdo a Kitabayashi *et al.* (1971).

$$IPC = Bf + 1/2(P_{pf} + P_{pi})(Nm) - Bi$$

En donde:

IPC = Incremento en peso corregido

Bf = Biomasa final

Bi = Biomasa inicial

P<sub>pf</sub> = Peso promedio final

P<sub>pi</sub> = Peso promedio inicial

Nm = Número de muertos

- Eficiencia proteica (EP): Son los gramos de peso ganados, por gramo de proteína consumida.

$$\text{Eficiencia proteica (EP)} = \frac{\text{Incremento en peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

#### 6.7.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

Para determinar si había diferencias estadísticas entre los tratamientos, los datos de crecimiento ponderal, sobrevivencia, alimento consumido, FCA y TEF se analizaron mediante análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. Cuando existieron diferencias estadísticas, se realizaron análisis de comparación múltiple de medias, y el método de Sperman para los análisis de correlación por medio de computadora PC en los programas Microsoft Excel y STATGRAPHICS<sup>MR</sup> VERSIÓN 5.1



## VII RESULTADOS

### 7.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Los valores promedio de los diferentes parámetros registrados durante el experimento no tuvieron diferencias significativas ( $P>0.05$ ); Temperatura  $27 \pm 0.6$  °C ( $\pm$  desviación estándar), Salinidad  $40.3 \pm 0.9\%$  y oxígeno  $6.1 \pm 0.2$  mg/l. Estos valores se mantuvieron constantes durante todo el experimento.

### 7.2 COMPOSICIÓN DE LOS INGREDIENTES

En la tabla 9 se muestra la composición química (en base seca) de las principales fuentes proteicas utilizadas para la elaboración de los alimentos, en donde se puede apreciar que la langostilla fresca y el hidrolizado de langostilla contienen un porcentaje menor de proteína y lípidos que el hidrolizado de krill. Además, que la harina de pescado fue la que presentó el mayor porcentaje proteínico (67.01%), en comparación con los demás ingredientes.

El porcentaje de cenizas del hidrolizado de langostilla (26.05%) fue superior al de langostilla fresca (23.8%) y al del hidrolizado de krill (10.41%).

**Tabla 9. Composición química proximal de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales para determinar el valor nutritivo del hidrolizado de langostilla.**

	H (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	CEN (%)	ELN (%)
Langostilla fresca	77.42	41.69	16.03	0.43	23.80	18.04
Hidrolizado de langostilla	82.55	43.00	16.7	0.08	26.05	14.17
Hidrolizado de Krill	77.85	49.54	22.20	0.13	10.41	16.79
Harina de pescado	3.44	67.01	13.21	0.00	13.16	6.6
Pasta de soya	5.32	49.73	5.85	1.95	6.85	35.62
Harina de trigo	4.74	19.16	0.58	2.2	2.27	75.79
Harina de sorgo	8.33	8.63	4.39	.66	1.59	84.74
Grenetina	5.13	97.56	ND	ND	3.29	ND
Aceite de atún	0.01	0.71	99.15	ND	0.14	ND
Lecitina de soya	0.54	3.80	89.24	ND	6.96	ND

Valores promedio de 3 réplicas  $\pm$  desviación estándar, expresados en g/100 g de materia seca, excepto humedad. H: Humedad; PC: Proteína cruda ( $N \times 6.25$ ); EE: Extracto etéreo; FC: Fibra cruda; CEN: Cenizas; E.L.N.: Extracto libre de nitrógeno. ND: no detectado.

### 7.3 COMPOSICIÓN Y ESTABILIDAD EN EL AGUA DE LOS ALIMENTOS EXPERIMENTALES

Los alimentos que se utilizaron para el experimento de crecimiento presentaron un contenido proteico que varió de 39.58% en la dieta control (CT) a 39.78% con la dieta (HLS15%) (Tabla 11). Las dietas HKS15% y HLS25% son las que presentaron los valores más altos de lípidos (8.41% y 8.45%), mientras que el menor valor se presentó con la dieta HLS5% (8.14%). El E.L.N. presentó un rango de 41.93% a 42.88% (HLS25% y HKS25%). De acuerdo con estos resultados todos los alimentos cumplieron con los requerimientos nutricios reportados para *Litopenaeus vannamei* (Akiyama y Dominy, 1989).

Los análisis estadísticos demostraron que las dietas experimentales fueron isoproteicas, isolípicas e isocalóricas tal como se estableció en la formulación teórica, de manera que se pudo efectuar sin restricciones la comparación de la calidad de los alimentos.

**Tabla 11. Composición química proximal de los alimentos utilizados en el experimento de crecimiento para determinar el valor nutricio del hidrolizado de langostilla.**

	ALIMENTOS EXPERIMENTALES						
	CT	HLS5%	HLS15%	HLS25%	HKS5%	HKS15%	HKS25%
Humedad (%) <sup>1</sup>	6.73 ±0.08	6.67 ±0.08	6.26 ±0.06	4.21 ±0.07	6.27 ±0.05	9.00 ±0.05	5.85 ±0.01
Proteína cruda <sup>1</sup>	39.58 ±0.16	39.58 ±0.16	39.78 ±0.08	39.57 ±0.29	39.63 ±0.02	39.44 ±0.04	39.64 ±0.04
Extracto etéreo <sup>1</sup>	8.17 ±0.1	8.14 ±0.14	8.36 ±0.21	8.45 ±0.01	8.15 ±0.12	8.41 ±0.06	8.26 ±0.04
Fibra cruda <sup>1</sup>	ND	ND	0.11 ±0.007	0.52 ±0.06	0.43 ±0.02	0.35 ±0.04	0.12 ±0.007
Cenizas <sup>1</sup>	9.62 ±0.07	9.72 ±0.02	9.58 ±0.05	9.53 ±0.04	9.63 ±0.04	9.32 ±0.04	9.11 ±0.04
E.L.N. <sup>1</sup>	42.63	42.56	42.17	41.93	42.16	42.48	42.88

<sup>1</sup> Valores promedio de tres réplicas ± desviación estándar, expresados en g/100 de materia seca, excepto humedad. CT: control; HL: hidrolizado de langostilla; HK: hidrolizado de krill; E.L.N.: Extracto libre de nitrógeno. ND: no detectado, No se encontraron diferencias significativas en la composición de las dietas (P>0.05).

La inclusión del hidrolizado de langostilla o el de krill no incrementó de manera importante el contenido de cenizas en los alimentos que contenían dichos ingredientes.

Los valores de estabilidad de los alimentos en el agua, expresada como porcentaje de materia seca retenida, fueron superiores al 80% en todos los alimentos, presentado diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) las dietas HLS15% y HLS25% para el tamaño de microparticulado de 1.44mm, sin embargo no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) para los pelets enteros (Tabla 12).

**Tabla 12. Estabilidad en el agua de los alimentos.**

Alimento	Estabilidad (%)	
	Microparticulado de 1.4 mm	Pelet
CT	88.27 <sup>a</sup>	91.28 <sup>a</sup>
	± 0.20	± 0.72
HLS5%	87.28 <sup>a</sup>	90.85 <sup>a</sup>
	± 0.35	± 0.11
HLS15%	84.12 <sup>b</sup>	89.05 <sup>a</sup>
	± 0.48	± 0.08
HLS25%	83.72 <sup>b</sup>	88.47 <sup>a</sup>
	± 2.09	± 0.18
HKS5%	88.19 <sup>a</sup>	90.90 <sup>a</sup>
	± 0.66	± 0.29
HKS15%	87.72 <sup>a</sup>	90.56 <sup>a</sup>
	± 0.07	± 2.72
HKS25%	87.21 <sup>a</sup>	90.17 <sup>a</sup>
	± 0.57	± 0.40

Valores promedio de 3 réplicas ± desviación estándar. Valores con diferente superíndice dentro de las columnas indican que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

#### **7.4 BIOENSAYO DE CRECIMIENTO**

Después de 15 días del experimento, la sobrevivencia obtenida con los siete alimentos fue igual o superior al 97% (Tabla 13). Los camarones alimentados con las dietas HLS25% y HLS15% (25 y 15% de sustitución de la harina de pescado por el hidrolizado de langostilla, respectivamente) mostraron un crecimiento significativamente mayor al obtenido con las demás dietas evaluadas ( $P < 0.05$ ), siendo este fenómeno evidente en la tasa de crecimiento.

A pesar de que no había diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los animales alimentados con las dietas HLS15% y HLS25%, tanto el peso, como la tasa de crecimiento al día 15, tienden a aumentar ligeramente conforme incrementa el contenido del hidrolizado de langostilla en el alimento.

Los valores de consumo de alimento al día 15 evidenciaban más las diferencias entre los tratamientos, en donde los organismos alimentados con la dieta HLS25% presentaban un consumo de alimento mayor a los alimentados con las otras dietas. Se observaba que el alimento que no contenía ningún tipo de hidrolizado (CT) presentaba el menor consumo de alimento.

El factor de conversión alimenticia observado al día 15 en el experimento varió de 1.3 para el alimento HLS5% hasta 1.6 en el alimento HLS25%, pero no se detectaron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos alimenticios ( $P > 0.05$ ).

**Tabla 13. Resultados zootécnicos al día 15 de juveniles del camarón *L. vannamei* alimentados con dietas que contienen diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por hidrolizado de langostilla (HL) o de krill (HK).**

Dieta	Peso promedio (g)	Tasa de Crecimiento (%)	Sobrevivencia (%)	Alimento consumido (g)	Factor de Conversión Alimenticia	Eficiencia Proteica
CT	0.843 <sup>c</sup> ± 0.08	166.84 <sup>b</sup> ± 22.35	100 <sup>a</sup> ± 0.00	7.09 <sup>c</sup> ± 0.50	1.35 <sup>a</sup> ± 0.10	2.03 <sup>a</sup> ± 0.15
HLS5%	0.890 <sup>bc</sup> ± 0.13	182.13 <sup>ab</sup> ± 36.50	100 <sup>a</sup> ± 0.00	7.30 <sup>c</sup> ± 0.77	1.30 <sup>a</sup> ± 0.29	2.16 <sup>a</sup> ± 0.53
HLS15%	1.077 <sup>a</sup> ± 0.14	242.29 <sup>a</sup> ± 41.95	100 <sup>a</sup> ± 0.00	10.92 <sup>ab</sup> ± 1.00	1.45 <sup>a</sup> ± 0.16	1.85 <sup>a</sup> ± 0.214
HLS25%	1.080 <sup>a</sup> ± 0.00	243.75 <sup>a</sup> ± 1.05	97 <sup>a</sup> ± 5.77	12.03 <sup>a</sup> ± 0.10	1.60 <sup>a</sup> ± 0.05	1.67 <sup>a</sup> ± 0.05
HKS5%	0.835 <sup>c</sup> ± 0.05	164.44 <sup>b</sup> ± 17.11	100 <sup>a</sup> ± 0.00	7.18 <sup>c</sup> ± 0.79	1.40 <sup>a</sup> ± 0.13	1.93 <sup>a</sup> ± 0.18
HKS15%	0.991 <sup>ab</sup> ± 0.02	213.93 <sup>ab</sup> ± 8.53	97 <sup>a</sup> ± 5.77	9.63 <sup>abc</sup> ± 1.96	1.44 <sup>a</sup> ± 0.21	1.88 <sup>a</sup> ± 0.26
HKS25%	0.893 <sup>bc</sup> ± 0.01	183.50 <sup>ab</sup> ± 1.07	100 <sup>a</sup> ± 0.00	8.91 <sup>bc</sup> ± 0.24	1.54 <sup>a</sup> ± 0.02	1.71 <sup>a</sup> ± 0.02

Valores promedio de tres réplicas ± desviación estándar. CT: alimento control. Valores con diferente superíndice dentro de la misma columna indican que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Después de 30 días de experimentación la sobrevivencia fue superior al 90% con todos los tratamientos (Tabla 14), variando únicamente de 93.3% a 100%. Los camarones que murieron se debió a que saltaron del agua y se atoraron accidentalmente en la malla mosquitero que cubría los acuarios, por lo que la causa de mortandad no es atribuible a los alimentos experimentales.

**Tabla 14. Resultados zootécnicos finales de juveniles del camarón *L. vannamei* alimentados durante 30 días con dietas que contienen diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por hidrolizado de langostilla (HL) o de krill (HK).**

Dieta	Peso Promedio Inicial (g)	Peso Promedio Final (g)	Tasa de Crecimiento (%)	Sobrevivencia (%)	Alimento Consumido (g)	Factor de Conversión Alimenticia	Tasa de Eficiencia Proteica
CT	0.316 <sup>a</sup> ±0.003	1.596 <sup>c</sup> ± 0.12	405.27 <sup>c</sup> ±32.81	100 ± 0.00	18.85 <sup>c</sup> ±1.87	1.472 <sup>a</sup> ±0.04	1.86 <sup>a</sup> ±0.05
HLS5%	0.315 <sup>a</sup> ±0.004	1.770 <sup>b</sup> ±0.20	461.01 <sup>b</sup> ±56.24	90 ± 10.00	20.78 <sup>b</sup> ±2.30	1.514 <sup>ab</sup> ±0.16	1.81 <sup>a</sup> ±0.21
HLS15%	0.315 <sup>a</sup> ±0.003	2.440 <sup>a</sup> ±0.12	675.79 <sup>a</sup> ±35.21	96.7 ± 5.77	35.49 <sup>a</sup> ±3.07	1.704 <sup>bc</sup> ±0.20	1.57 <sup>c</sup> ±0.16
HLS25%	0.314 <sup>a</sup> ±0.002	2.742 <sup>a</sup> ±0.11	772.99 <sup>a</sup> ±35.35	96.7 ± 5.77	46.03 <sup>a</sup> ±1.83	1.929 <sup>c</sup> ±0.00	1.39 <sup>c</sup> ±0.00
HKS5%	0.316 <sup>a</sup> ±0.002	1.527 <sup>c</sup> ±0.08	383.63 <sup>c</sup> ±25.20	100 ± 0.00	18.11 <sup>c</sup> ±1.25	1.502 <sup>ab</sup> ±0.15	1.79 <sup>ab</sup> ±0.19
HKS15%	0.316 <sup>a</sup> ±0.002	1.983 <sup>b</sup> ±0.29	528.18 <sup>b</sup> ±95.06	93.3 ± 5.77	26.00 <sup>b</sup> ±6.30	1.604 <sup>bc</sup> ±0.12	1.68 <sup>c</sup> ±0.12
HKS25%	0.315 <sup>a</sup> ±0.004	1.879 <sup>b</sup> ±0.04	496.59 <sup>b</sup> ±19.17	100 ± 0.00	25.47 <sup>b</sup> ±1.25	1.629 <sup>bc</sup> ±0.03	1.63 <sup>b</sup> ±0.03

Valores promedio de tres réplicas ± desviación estándar. CT: alimento control. Valores con diferente superíndice dentro de la misma columna indican que hay diferencias significativas (P<0.05).

Los valores del peso final, tasa de crecimiento y alimento consumido presentaron una correlación positiva con el nivel de sustitución ( $r^2 = 0.928$ ,  $r^2 = 0.950$  y  $r^2 = 0.928$ , respectivamente).

Las dietas HLS15% y HLS25% fueron las que presentaron el mayor peso promedio final así como también la mayor tasa de crecimiento, mientras que las dietas CT y HKS5% fueron las que presentaron el menor peso promedio y tasa de crecimiento (Fig. 14 y 15).

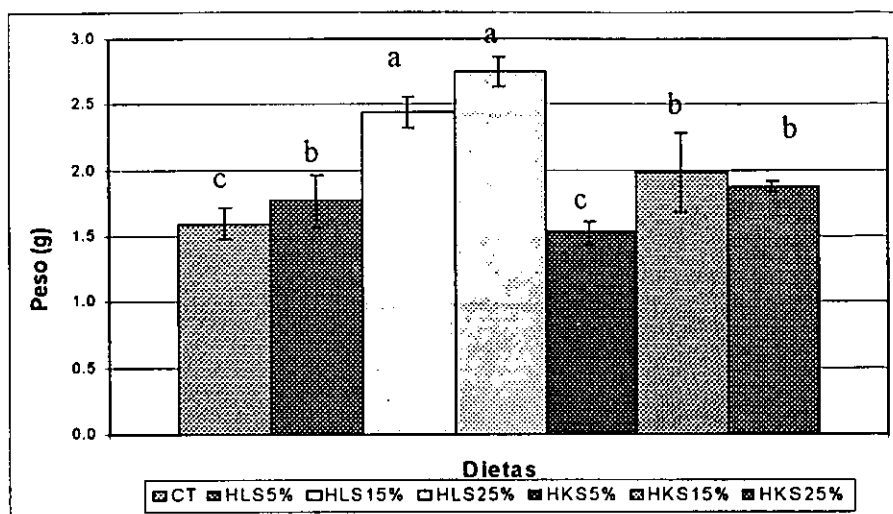


Figura 14. Peso promedio final de juveniles del camarón *L. vannamei* alimentados durante 30 días con dietas que contienen diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por hidrolizado de langostilla (HLS) o de krill (HKS). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

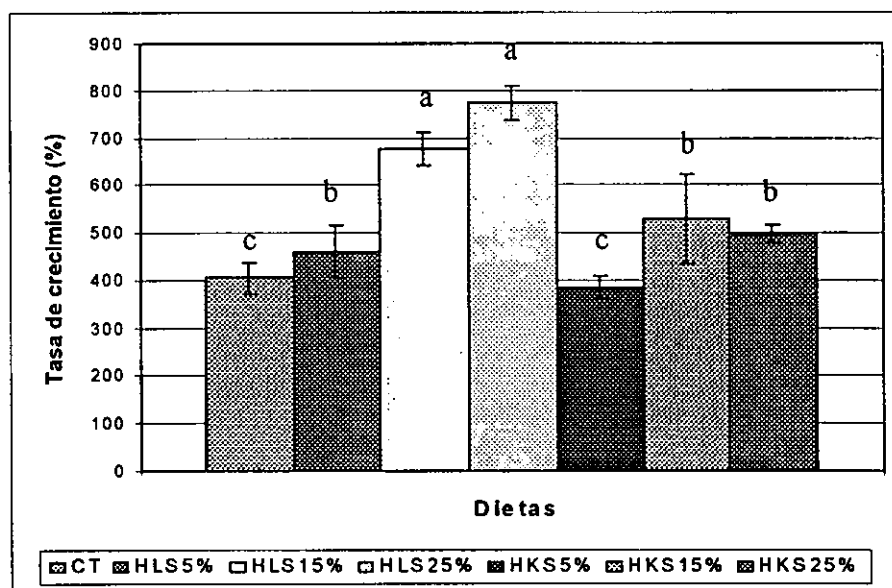


Figura 15. Efecto de la sustitución de harina de pescado por hidrolizados de langostilla (HLS) y de krill (HKS) en la dieta sobre la tasa de crecimiento porcentual de juveniles de *L. vannamei*, al cabo de 30 días del experimento. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

En las dietas en las que se sustituyó harina de pescado por el hidrolizado de langostilla, se observa que a medida que se aumenta el nivel de inclusión, aumenta el factor de conversión alimenticia y disminuye la eficiencia proteica, este comportamiento no se observa cuando se sustituye harina de pescado por el hidrolizado de krill (Fig. 16 y 17).

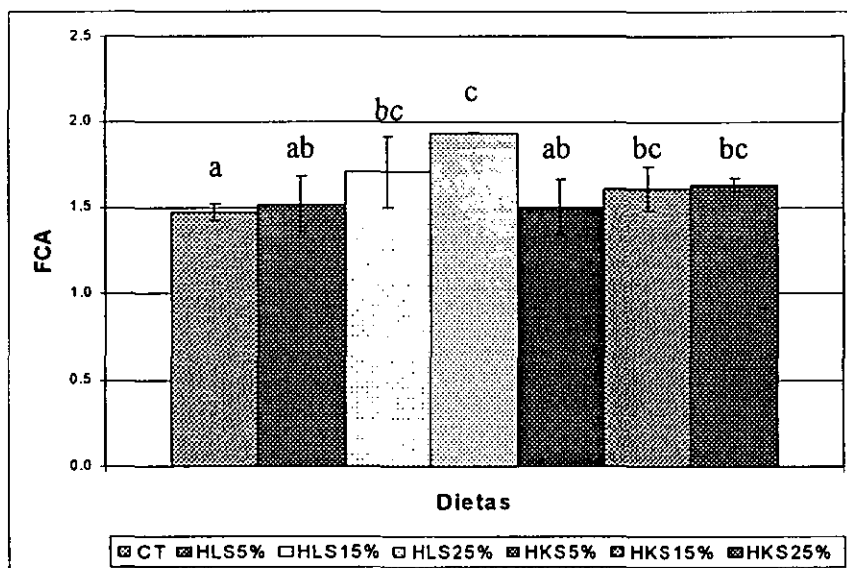


Figura 16. Efecto de la sustitución de harina de pescado por hidrolizados de langostilla (HLS) y de krill (HKS) en la dieta sobre el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) de juveniles de *L. vannamei*, al cabo de 30 días del experimento. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

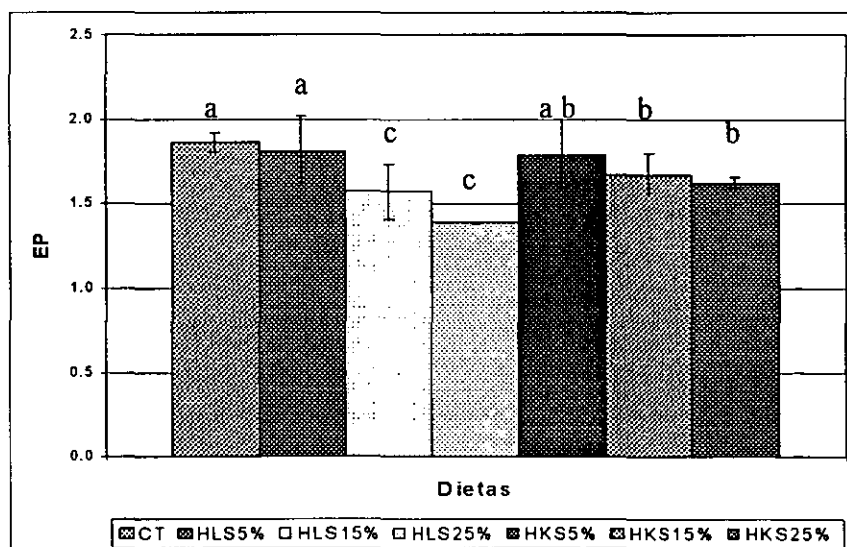
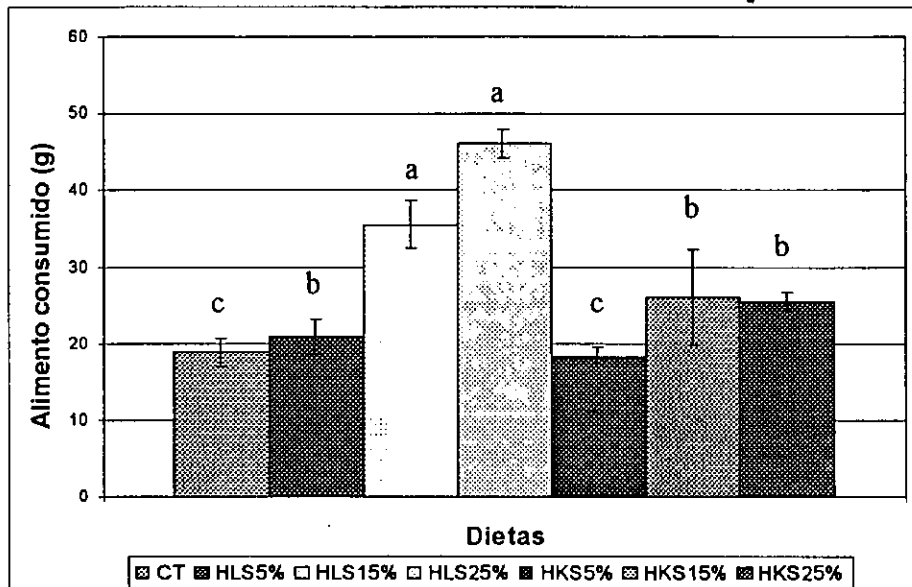


Figura 17. Efecto de la sustitución de harina de pescado por hidrolizados de langostilla (HLS) y de krill (HKS) en la dieta sobre la tasa de Eficiencia Proteica (EP) de juveniles de *L. vannamei*, al cabo de 30 días del experimento. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Los valores de consumo aparente de alimento (Fig. 18) evidencian más las diferencias entre los tratamientos, en donde los organismos alimentados con la dieta HLS25% presentan un consumo aparente de alimento significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) a los alimentados con las otras dietas. Se observa que el alimento control y el que contenía hidrolizado de krill al 5% (HKS5%) presentaron el menor consumo de alimento.



**Figura 18.** Efecto de la sustitución de harina de pescado por hidrolizados de langostilla (HLS) y de krill (HKS) en la dieta sobre el consumo de alimento de juveniles de *L. vannamei*, al cabo de 30 días del experimento. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).



## VIII. DISCUSIÓN

### 8.1 VALIDEZ DE RESULTADOS

En el desarrollo de una dieta balanceada para la producción de camarón, es necesario conocer los requerimientos nutricios y los procesos de fabricación de los alimentos, a fin de tener un óptimo crecimiento y salud de los camarones. Un solo ingrediente difícilmente puede cubrir todos los requerimientos nutricios que demandan los camarones, por lo que es necesario hacer una mezcla adecuada de varios ingredientes. En este trabajo las dietas fueron formuladas mediante cálculos aritméticos con la ayuda de un paquete de computadora para elaborar un alimento en el que se combinaran adecuadamente las materias primas, y satisfacer así los requerimientos nutricionales para el mantenimiento y crecimiento de los camarones según se han descrito por New (1976 y 1987), Akiyama y Dominy (1989) y Pillay (1990).

Existen diversos trabajos en la literatura como los de Tacon y Cowey (1985), Cuzon y Guillaume y Ceccaldi (1999), Aranyakananda y Lawrence (1999), Akiyama *et al.* (1991) sobre los requerimientos nutricios de crustáceos. Dichos trabajos mencionan un rango óptimo de lípidos (6 a 10%), fibra cruda (0 a 4%) y proteína (30 a 45%), en el alimento para juveniles de *Litopenaeus vannamei*. Con base en esta información se puede decir que el contenido en lípidos (8.14 a 8.41%), fibra cruda (0.0 a 0.52%) y proteína cruda (39.44 a 39.78%) de los alimentos usados en el presente trabajo está dentro de lo establecido para un adecuado crecimiento de los camarones.

Otro aspecto que se tomó en cuenta para no tener alteraciones en los resultados fue la calidad de los ingredientes y la forma como se elaboraron los alimentos. Dentro de los criterios que se usaron fue una adecuada homogenización de todos los ingredientes, el tamaño de partícula, tanto de los ingredientes como del alimento final, adecuándose este último al tamaño del organismo.

La estabilidad y la palatabilidad de las dietas pueden estar estrechamente relacionadas, ya que ambas afectan la ingestión y tienen un gran impacto en la nutrición de los camarones. La desintegración del alimento y, por tanto, la pérdida de nutrientes, se debe al contacto con el agua y a la manipulación del alimento por el organismo. Debido a esto, a los alimentos se les realizaron pruebas de estabilidad en el agua y los resultados nos muestran que en el tamaño de partícula más pequeña (microparticulado tamizado a 1.4 mm) se observan algunas diferencias significativas entre los alimentos, particularmente con las dietas HLS15% y HLS25% que tuvieron la menor estabilidad en agua, mismo que pudo contribuir a una sobreestimación de alimento consumido. No obstante, en el último tamaño de partícula empleado (pelet), que fue el que se suministró en mayor cantidad a lo largo del experimento, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la estabilidad de los diversos alimentos, lo que nos hace pensar que los organismos experimentales tuvieron tiempo suficiente para consumir el alimento cuando este tenía aún la mayoría de sus constituyentes. La aceptación de los alimentos por parte de los camarones fue bastante buena, debido a que en las rutinas de alimentación se observó que, en general, los organismos empezaron a comer los alimentos rápidamente.

Los análisis proximales de la langostilla fresca muestran que los mayores constituyentes son la proteína (41.70%) y la ceniza (23.8%), mismos que están dentro de los valores encontrados por Spinelli *et al.* (1974), Auriolles-Gamboa *et al.* (1995) y Castro-González *et al.* (1995). En el presente estudio el contenido de ceniza en la langostilla fresca fue más bajo que lo reportado por García-Carreño *et al.* (1999). La variación de los componentes químicos de la langostilla se puede atribuir a las diferentes zonas de captura, la estación del año, la edad de los organismos, etc. por lo que es muy importante considerar la relación proteína/ceniza (Civera *et al.*, 1998). La relación que se obtuvo en este trabajo (41.7 / 23.8) es lógica ya que para la elaboración de los hidrolizados de langostilla se hizo con organismos enteros que contienen un alto porcentaje de proteínas y bajo porcentaje de cenizas. Esto es muy bueno ya que Guillou *et al.* (1995) mencionan que altos contenidos de cenizas y minerales reducen la asimilación de los nutrientes, afectando así el crecimiento de los camarones.

Las dietas utilizadas en este experimento fueron isoproteicas e isolipídicas según lo muestra el análisis estadístico realizado ( $P>0.05$ ). Esto tiene una gran importancia pues permite hacer comparaciones directas entre los tratamientos, ya que los resultados obtenidos se deben principalmente a la calidad de los ingredientes y los alimentos.

Los camarones con los que se empezó el experimento no presentaron diferencias estadísticas significativas en los pesos iniciales ( $P>0.05$ ), por lo que el bioensayo se llevó a cabo con organismos de características muy similares y podemos pensar que los resultados de crecimiento obtenidos durante el experimento obedecen al efecto de los tratamientos alimenticios. En cuanto a los parámetros físico-químicos registrados (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, además que están dentro de los rangos óptimos para el desarrollo normal de los organismos según lo establecido por Fenucci (1988), Hewitt (1992) y Clifford (1997). Esto sugiere que el desarrollo del experimento no fue afectado por variaciones importantes de los parámetros antes mencionados, lo que refuerza la idea de que las respuestas obtenidas se deben a los tratamientos alimenticios.

## ***8.2 EFECTO DE LAS DIETAS CON INCLUSIÓN DE LOS HIDROLIZADOS.***

La sobrevivencia promedio final fue más baja en los tratamientos HLS5% y HKS15%, pero esto se debió principalmente a que algunos organismos se quedaron atrapados accidentalmente en las mallas superiores. Se supone que estos accidentes ocurrían en la mañana, ya que la iluminación del sistema de acuarios se prendía automáticamente a las 5 A.M. y eso puede provocar que algunos de los organismos salten y se queden atrapados en la malla. Este problema se trató de solucionar con otro tipo de lámparas, pero no se encontraron en el mercado, además de que se tenían que modificar muchas cosas del sistema eléctrico. Aunque no se realizó un examen patológico fino, se hicieron observaciones visuales de los organismos muertos y no se encontraron pigmentaciones anormales o atrofas tisulares sintomáticas de enfermedad en ellos. No obstante lo anterior, la sobrevivencia en todos los tratamientos alimenticios fue buena ( $>93\%$ ), mismo que indica que el bioensayo se desarrolló bajo condiciones de cultivo satisfactorias, y que la

inclusión de los hidrolizados no tuvo un efecto negativo en la sobrevivencia de los organismos.

Al disminuir la cantidad de harina de pescado y sustituirla por hidrolizado de langostilla en los alimentos HLS, se observó un incremento marcado en el consumo de alimento y en la tasa de crecimiento de los organismos, particularmente importante cuando se alcanzó el 25% de sustitución con el hidrolizado de langostilla. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Goytortúa (1993) y Civera *et al.* (1998) donde reportaron que entre mayor es la sustitución de harina de pescado por harina de langostilla, mayor es el consumo de alimento y mejores son las tasas de crecimiento que se obtienen, hasta llegar a un nivel de inclusión donde el crecimiento no aumenta más (meseta) e inclusive puede llegar a disminuir.

En los hidrolizados hay compuestos nitrogenados (nucleótidos, péptidos y aminoácidos libres) que son capaces de reaccionar con los quimiorreceptores de los camarones actuando como atractantes y/o estimulantes alimenticios. Mendoza *et al.* (2000) encontraron que cuando se agregan diferentes fracciones de langostilla *P. planipes* como atractantes en dietas para *L. vannamei*, la quimiodetección y la quimioatracción aumentan considerablemente, resultando en un aumento en la ingesta de alimento. Estos fenómenos pudieron haber ocurrido también en nuestro experimento, lo que explicaría al menos en parte, los altos niveles de alimento consumido, particularmente en los alimentos con langostilla. Holland y Borski (1993) identificaron en un extracto de cabeza de camarón una fracción de bajo peso molecular que, en conjunto con otros compuestos, estimula la ingesta de alimento en juveniles de *L. vannamei*, lo que reafirma la capacidad atractante de los extractos de crustáceos en general.

En la langostilla se ha identificado la presencia de un péptido inmunológicamente similar a la insulina humana (insuline-like), el cual parece tener actividad estimulante de crecimiento en camarones (Vega-Villasante, Com. Pers.). Este tipo de moléculas también han sido identificadas en otros crustáceos como la langosta (Sanders, 1983). Según este autor, la función más importante de la insulina inmunoreactiva en los crustáceos es la estimulación

de la síntesis de proteínas con el consiguiente efecto benéfico sobre el crecimiento celular, por lo que es posible que al incluir el hidrolizado de langostilla en los alimentos para camarón, se esté adicionando este tipo de hormona, y que sea una de las causantes de los resultados obtenidos en nuestro bioensayo. Si bien esta hipótesis es plausible, la información generada aquí no es suficiente para comprobarla, y deberá ser estudiado con mayor detalle a través de otro tipo de metodologías.

Hasta donde sabemos, existen pocos trabajos en la literatura científica donde se hayan evaluado hidrolizados proteicos en camarones. Anggawati (1990) muestra como se puede mejorar el crecimiento de juveniles de *Penaeus monodon* cuando se incluye 3, 5 y 8% de hidrolizado de pescado en las dietas, y sugiere el 3% como nivel óptimo de inclusión ya que no encontraron diferencias entre los tratamientos con hidrolizados. En un trabajo similar realizado por Córdova-Hernández y García-Carreño (2001) evaluando diferentes fuentes proteicas (hidrolizado de krill, hidrolizado de pescado y harina de calamar) a diversos niveles de inclusión en alimentos para juveniles de *L. vannamei*, el autor reporta que cuando se incluyó hidrolizado de krill se obtuvieron mejores crecimientos con respecto al alimento control, siendo el nivel de inclusión de 9% el que obtuvo mejores resultados, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de inclusión de 3, 9 y 15% de krill. En el presente estudio sí se encontraron diferencias en el peso final de los organismos, el alimento consumido, el FCA y la tasa de eficiencia proteica en función del nivel de inclusión de los hidrolizados tanto de langostilla, como de krill, siendo mejores los resultados con la langostilla.

Cahu *et al.* (1999) reportan que la incorporación de un hidrolizado proteínico en las dietas induce altos niveles de dos enzimas (fosfatasa alcalina y aminopeptidasa) en la membrana del intestino de la lobina *Dicentrarchus labrax*, que ayudan a la digestión, lo cual podría ser una respuesta al por qué encontramos mejores crecimientos en los camarones alimentados con los hidrolizados de langostilla, sin embargo, estas enzimas no fueron medidas en nuestro experimento, por lo que no podemos afirmarlo.

Kolkovski y Tandler (2000) sugieren que el uso de hidrolizados no sea mayor al 50% como fuente de proteína en dietas para la dorada *Sparus aurata* pues si se reemplaza mayor cantidad se afecta considerablemente el crecimiento. Un trabajo similar fue el realizado por Rodehutschord *et. al.* (1995) donde reemplazaron más del 54% de la proteína por una mezcla de aminoácidos libres y no obtienen diferencias significativas en los pesos finales. En nuestro trabajo, con el hidrolizado de langostilla llegamos a reemplazar hasta un 25% de la proteína aportada por el pescado y observamos incrementos en el consumo del alimento y el crecimiento ponderal en función del nivel de inclusión, sin observar efectos negativos aparentes sobre los organismos, ni tampoco un punto donde el crecimiento se viera deprimido por un alto nivel de inclusión, por el contrario, hay una tendencia a que el crecimiento aumente, pero no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos HLS15% y HLS25%, por lo que se puede inferir, a reserva de confirmarlo en otros bioensayos, que el nivel más adecuado de inclusión de langostilla es de 7% (dieta HLS15%). En el caso del hidrolizado de krill sí se llegó a un punto en el que a mayor nivel de inclusión (10.14%; dieta HKS25%) no continuó aumentando la cantidad de alimento ingerido, ni se mejoró el crecimiento, el FCA o la TEP de manera significativa, lo que hace pensar el nivel de inclusión hidrolizado de krill más recomendable para juveniles de *L. vannamei* pudiera ser cercano a 6.7% (dieta HKS15%).

En este trabajo se encontró una correlación positiva ( $r^2 = 0.95$ ) entre el nivel de inclusión de los hidrolizados de langostilla y la tasa de crecimiento, en contraste con lo encontrado por Kolkovski y Tandler (2000), pero no solo existe una correlación positiva con la tasa de crecimiento, sino también con el peso final y el alimento consumido ( $r^2 = 0.92$  y  $r^2 = 0.92$ ). Se puede pensar que en las dietas que contenían hidrolizado de langostilla mejora la digestibilidad de los nutrientes, en comparación con el alimento control. Los altos incrementos en peso obtenidos con las dietas que contenían 7% y 11.68% del hidrolizado de langostilla posiblemente se deben a que los aminoácidos, ácidos grasos, fosfolípidos y minerales que lo constituyen, están más disponibles para el camarón, ya que es sabido que el proceso de la hidrólisis hace que los nutrientes del ingrediente tengan una mayor digestibilidad. Goytortúa (1993) demostró que alimentos que contienen harina de langostilla tienen mayor digestibilidad de la proteína y lípidos, sin embargo, esto habrá de

ser demostrado por medio de pruebas de digestibilidad tanto del hidrolizado de langostilla, como de las dietas que lo contienen y comparar su eficiencia respecto al hidrolizado de krill, en términos tanto nutricionales como económicos, para definir su rentabilidad como ingredientes en dietas para camarón. Por otra parte, Córdova-Hernández y García-Carreño (2001) encontraron que alimentos para camarón blanco del Pacífico conteniendo hidrolizado de krill tienen una digestibilidad *in vivo* más elevada, por lo que la hipótesis de que los hidrolizados empleados aquí mejoran la digestibilidad de los alimentos y por ende, permitan un mejor crecimiento, es plausible.

Goytortúa (1993) trabajando con *L. vannamei*, obtuvo buenos crecimientos cuando los camarones eran alimentados con dietas con harina de langostilla. Varios autores han reportado la composición en aminoácidos de la langostilla (Gallardo, 1975; Spinelli *et al.*, 1974) y ésta es muy similar a la de los peneidos y a la del hidrolizado de krill. A pesar de que no se ha evaluado la disponibilidad de los aminoácidos de la langostilla para camarones en cultivo, es de esperarse que ésta sea parecida a la encontrada para otras harinas de crustáceos, como la reportada por Akiyama *et al.* (1988).

Los valores de eficiencia proteica se han sugerido como buenos indicadores para evaluar fuentes proteicas en alimentos balanceados (Cruz-Suárez, 1993). Este método indica que toda la proteína es utilizada para el crecimiento, por lo que dicho criterio no necesariamente es biológico, sino más bien resulta ser de tipo económico (Tacon, 1989). Anaggawati (1990) reporta valores de eficiencia proteica entre 0.59 y 0.83 cuando alimenta juveniles de *Penaeus monodon* con hidrolizado de pescado. En contraste, Chhorn (1996) encontró mejores eficiencias proteicas (1.89) cuando sustituyó el 13% de extracto de harina de algodón por una mezcla de proteínas de origen marino en dietas para *P. vannamei*.

El valor de eficiencia proteica del alimento control utilizado en nuestro bioensayo es similar al reportado por Chhorn (1996), así como por Goytortúa (2000) cuando evaluó un concentrado lipídico y proteínico de langostilla, implicando que el alimento estaba bien diseñado para el tipo de organismos en estudio.

La incorporación de los hidrolizados de langostilla a los alimentos no mejora los valores de FCA y eficiencia proteica con respecto a los obtenidos con los organismos alimentados con la dieta de referencia. Esto puede deberse a varias razones; una de ellas es que la alta capacidad atractante de los hidrolizados haya provocado una fuerte ingestión del alimento, especialmente en las dietas con langostilla, por lo que una vez cubiertos los requerimientos nutricios del organismo, el exceso de alimento no promueva mas el crecimiento, pero que sí afecte negativamente el FCA aumentando sus valores y disminuyendo aquellos de la eficiencia proteica.

Otra posible explicación relacionada directamente con la anterior, es que el contenido de proteínas de los alimentos fuera relativamente alto (39%), por lo que ante un incremento pronunciado en la cantidad de alimento ingerido, haya existido un exceso de aporte de proteína, misma que pudo haber sido utilizada como fuente de energía por parte del organismo, y por lo tanto, representar un gasto metabólico que disminuye la eficiencia proteica. Para poder comprobar esta hipótesis habría que medir el balance energético de los organismos, y en particular, medir las excreciones nitrogenadas (amonio).

Durante el bioensayo se utilizó alimentación a saciedad aparente, esto quiere decir que diariamente la ración alimenticia se ajustaba de acuerdo a la apreciación, netamente subjetiva, del alimento residual en los acuarios, a partir del cual se calcula el consumo aparente. El método tiene el inconveniente de que se puede llegar a subestimar o sobreestimar el consumo del alimento provocando que los valores del FCA se alteren. No obstante, los altos valores de FCA para los alimentos con langostilla no deben estar tan lejanos de la realidad, ya que fue muy evidente que el consumo de alimento era muy superior al de los otros alimentos sin langostilla. Una de las hipótesis que se pueden enunciar para explicar los resultados de alimento ingerido y crecimiento de los camarones, es simplemente que los animales que comieron más abundantemente, fueron los que crecieron más. Sin embargo, no podemos afirmarlo categóricamente, pues hay motivos para sospechar que la langostilla contiene un factor de crecimiento que haya provocado las respuestas de crecimiento observadas. Una manera de verificarlo, sería repitiendo el



experimento, pero en lugar de dar alimento a saciedad aparente, este debiera ser racionado para evitar una excesiva ingesta de alimento.

Un aspecto que llama la atención es que en general, y prácticamente independientemente del nivel de sustitución de proteína de pescado, los organismos que se alimentaron con el hidrolizado de langostilla tuvieron mejores tasas de crecimiento que aquellos que se alimentaron con el hidrolizado de krill, mientras que estos últimos tuvieron iguales o mejores factores de conversión alimenticia y eficiencia proteica. Es claro que esto está íntimamente relacionado con la cantidad de alimento ingerido en cada caso (mayores cantidades con alimentos HLS), pero desafortunadamente los parámetros zootécnicos y de eficiencia alimenticia no son suficientes para explicar completamente las diferencias de rendimiento entre los dos tipos de hidrolizados, y se deben considerar sus características químicas finas.

Nolasco (Com. Pers.) midió el material no precipitable, la concentración de grupos alfa-amino libres, la concentración de proteína soluble y el perfil de pesos moleculares de un hidrolizado de langostilla, similar al utilizado aquí, comparándolo con el hidrolizado comercial de krill, obteniendo que el hidrolizado de langostilla tiene una distribución de pesos moleculares similares a los del hidrolizado de krill, aunque el nivel de proteínas de alto peso molecular es mayor que el de krill. Los niveles de alfa-amino resultaron ser similares o mayores a los encontrados en el krill. Sin embargo, el hidrolizado de krill presenta una fracción de muy bajo peso molecular, no presente en el hidrolizado de langostilla, y que esto pudiera favorecer o potenciar su capacidad atractante, la presencia de esa fracción pudiera no representar una característica deseable en el hidrolizado dado que se sabe por diversos trabajos (Guillaume y Ceccaldi, 1999) que la inclusión de aminoácidos libres en la dieta puede provocar el que estos no sean correctamente asimilados por el organismo y afectar las propiedades funcionales del sistema digestivo. En cambio, la presencia de otras fracciones de péptidos de bajo peso molecular en el hidrolizado de langostilla pueden favorecer el aprovechamiento más eficiente de este tipo de hidrolizados al ser suministrados como ingredientes a las dietas para organismos marinos.

Los resultados demuestran que el hidrolizado de langostilla es un excelente attractante, así como un buen sustituto parcial de la harina de pescado utilizada en este trabajo (sardina entera), ya que se obtuvieron mejores consumos de alimento y crecimiento que con el alimento control. En el caso del hidrolizado de krill se encontró que el nivel de inclusión más adecuado es de 6.68%, nivel menor al recomendado por la empresa Specialty Marine Products para el caso de alimentos de peces (15%). Dicha empresa ha realizado varios experimentos variando el nivel de inclusión del hidrolizado de krill (2-50%), obteniendo buenos resultados en los peces de las especies *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata* y *Oncorhynchus mykiss*. Incrementos en peso también han sido reportados en juveniles de *Perca flavescens* alimentados con dietas que contienen hidrolizado de krill, y el nivel de inclusión recomendado es del 5% (Kolkovski *et al.*, 2000), nivel más cercano al encontrado aquí para camarón. Desafortunadamente, no se cuenta con reportes técnicos de la empresa sobre el valor nutricional de su hidrolizado para camarones peneidos, y por lo tanto es difícil hacer comparaciones directas.

Desde el punto de vista nutricional, la sustitución total de la harina de pescado con hidrolizado de langostilla se antoja innecesaria e inclusive puede ser inadecuada, no obstante, la determinación del nivel óptimo de inclusión en la dieta estará en función de otros factores como la relación costo/beneficio, donde el factor de conversión alimenticia y el precio del producto juegan un papel decisivo. Al respecto, la langostilla ha demostrado ser un ingrediente que, al menos bajo condiciones de cultivo intensivo experimental, permite obtener mejores crecimientos que con la dieta control, lo que reafirma sus bondades nutricionales.

El incremento tan marcado en el crecimiento en esta temprana etapa del cultivo seguramente permitiría llegar a alcanzar la talla comercial más rápidamente, lo que implicaría una disminución en el tiempo del cultivo, mismo que sería de gran interés para los acuacultores, pues de esa manera se podrían disminuir los riesgos de aparición de enfermedades, los costos de bombeo de agua, de mano de obra, y en términos generales, los costos de operación de las granjas de camarón. Sin embargo, también habrá que evaluar el impacto del incremento en la ingesta de alimento sobre el costo de producción, para hacer

el balance y determinar la rentabilidad económica bajo condiciones de cultivo semiintensivo e intensivo en granjas comerciales.

Los resultados de la presente tesis nos permiten afirmar que el hidrolizado de langostilla es un ingrediente de buena calidad nutricia para juveniles del camarón blanco (*L. vannamei*) ya que es muy buen attractante y permite sustituir parcialmente la harina de sardina. Sin embargo, habrá que continuar las investigaciones para determinar su digestibilidad *in vivo* y el nivel óptimo de inclusión en la dieta, así como el contenido y disponibilidad de aminoácidos, ácidos grasos, pigmentos, quitina y minerales, a fin de profundizar en la determinación de su calidad nutricia para camarones peneidos, tanto en el laboratorio, como en cultivos en granja.

## IX. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo comprueban que el hidrolizado de langostilla puede ser obtenido exitosamente por vía enzimática y utilizado como fuente de proteína en alimentos para *L. vannamei*.

Las variables ambientales más importantes para el buen desarrollo y crecimiento de los camarones dentro del cultivo en laboratorio fueron monitoreadas y controladas, por lo que los efectos observados se pueden atribuir a los tratamientos alimenticios empleados.

El hidrolizado de langostilla puede ser considerado como un buen attractante y un buen sustituto parcial de la harina de sardina en alimentos para camarón, ya que provoca un mayor consumo del alimento y permite obtener mejores tasas de crecimiento que con la dieta control sin langostilla.

Con base a los parámetros zootécnicos y de eficiencia alimenticia de los organismos, los niveles de inclusión de los hidrolizados de langostilla y de krill más adecuados fueron de 7 y 6.7% respectivamente, correspondientes a una sustitución de 15% de la proteína de la harina de pescado. Sin embargo, las dietas que contienen hidrolizado de langostilla permitieron obtener camarones de mayor peso promedio que las dietas que contenían hidrolizado de krill.

Es preciso realizar más estudios para conocer la digestibilidad *in vivo*, la biodisponibilidad de los aminoácidos, los ácidos grasos y otros componentes del hidrolizado de langostilla, así como su grado de hidrólisis, y determinar el nivel óptimo de inclusión en el alimento, tomando en cuenta su eficiencia en dietas comerciales y la relación costo/beneficio.

## X. LITERATURA CITADA

- Akiyama, D.M., Coelho, S.R., Lawrence, A.L. y Robinson, E.H. 1988. Apparent digestibility of feedstuffs by marine shrimp *Penaeus vannamei* Boone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 55(1):91
- Akiyama, D.M. y Dominy, W.G. 1989. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. En: Texas Shrimp Farming Manual, Vol. 1: Grow-out technology. Texas Agricultural Extension Service and Texas A&M University, Sea Grant College Program. 50 p.
- Akiyama, D.M., Warren, G.D. y Lawrence A.L. 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. pp.80-98. En: Akiyama D. M. y Tan R.K. (Eds). Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop. September 19-25 Thailand and Indonesia.
- Akiyama, D.M. 1993. Futuras consideraciones para la industria alimentaria acuícola. pp. 25-34 En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D. y Mendoza, R. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola I. Memorias del primer Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 22-24 de febrero de 1993 Monterrey, N.L., México.
- Anggawati, A.M. y Heruwati, E.J. 1990. The use the hydrolyzed protein concentrate in practical diets for *Penaeus monodon* juveniles. Research Institute for Fish Technology, Palmerath, Jakarta. 12 p.
- Anuario estadístico de pesca. 1999. SEMARNAP. 17-80.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist. 16th. Ed. Washington, D.C., USA. 935 p.

- Aranyakananda, P. y Lawrence A. 1999. Efectos de la tasa de ingestión sobre los requerimientos alimenticios en proteína y energía y la relación óptima proteína-energía para *Penaeus vannamei*. pp. 157-170. En: Mendoza, R., Cruz-Suárez, L.E. y Ricque-Marie, D. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola II. Memorias del segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 7-9 de noviembre de 1994. Monterrey, Nuevo León, México 480 p.
- Auriolles-Gamboa D. 1992. Inshore-offshore movements of pelagic red crabs *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheidae) off the Pacific coast of Baja California Sur, México. *Crustaceana* 62(1):71-84.
- Auriolles-Gamboa D., Castro-González M. y Pérez-Flores R. 1994. Annual mas strandings of pelagic red crabs, *Pleuroncodes planipes* (Crustacea: Anomura: Galatheidae) in Bahia Magdalena, Baja California Sur, México. *Fishery Bulletin* 92:464-470.
- Auriolles-Gamboa, D., Balart-Páez y Castro-Aguirre. 1995. Recomendaciones para la explotación y aprovechamiento de la langostilla. pp. 221-233 En: Auriolles-Gamboa, D. y E.F. Balart (Eds). *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 233 p.
- Balart-Páez, E. y Castro-Aguirre, J.L. 1992. Habitos alimenticios de la merluza Bajacaliforniana *Merluccius angustimanus*, en la costa occidental de la Baja California Sur, México. IX Internacional Symposium of Marine Biology, 1-5 junio 1992, La Paz Baja California Sur, Mexico. 20-30.
- Blackburn, M. 1969. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. U.S. Fish Wild. Serv. Fish. Bull. 68:147-176.

- Boyd, C.M. 1960. The larval stages of *Pleuroncodes planipes* Stimpson. Biol. Bull., 118:17-30.
- Boyd, C.M. 1963. The biology of a marine decapod crustacean *Pleuroncodes planipes* Stimpson 1860. Ph.D. Thesis, Univ. Of California, San Diego. 123 p.
- Boyd, C. M. 1967. Benthic and pelagic habitats of the red crab *Pleuroncodes planipes*. Pacific Sci. 21: 394-103.
- Cahu, C., Zambonino J., Quazuguel P. y Le Gall M. 1999. Protein hydrolysate vs. Fish meal in compound diets for 10-days old sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. Aquaculture 171: 109-119
- Casillas, H.R. y Magallón, B.F. 1988. Substitución de insumos tradicionales en las dietas para la engorda del camarón. Informe Interno. Centro de Investigaciones Biológicas de B.C.S., México. 30 p.
- Castro-González, M.I., Carillo-Domínguez, S., Pérez-Gil, R.F. y Calvo-Carrillo, C. 1995. Composición química de la langostilla y procesos tecnológicos. pp. 163-177 En: La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. Aurióles -Gamboa, D. y Balart E.F. (Eds.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., 233 p.
- Chen, H., Leu, Y. y Roelants, I. 1992. Quantification of arginine requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon*, using microencapsulated arginine. Marine Biol. 114:229-233.
- Chhorn L. 1996. Substitution of cottonseed meal for marine animal protein in diets for *Penaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society. 27(4):402-409.

- Civera-Cerecedo, R., Goytortúa-Bores, E., Rocha-Meza, S. y Greene-Yee, A. 1992. Utilization of Red Crab (*Pleuroncodes planipes*) Meal as a Protein Source for *Penaeus vannamei* Juveniles. Conferencia: Aquaculture'92, Orlando, Florida, USA. Mayo 21-25, 64-65.
- Civera, R., Villarreal, F., Vega-Villasante, F., Nolasco, S., Rocha, S. Gonzalez, M., Goytortúa E. y Camarillo, M.T. 1994. Digestive enzyme activity and growth of *Penaeus californiensis* fed diets containing red crab, *Pleuroncodes planipes*, meal as a protein source. Abstract publicado en World Aquaculture'94, New Orleans. Louisiana, USA. January. 14-18, 98-99.
- Civera, R., Goytortúa, E., Rocha, S., Vega F. y Nolasco, H. 1998. Proyecto Langostilla Roja: Utilización de la langostilla roja como insumo proteico en alimentos para camaronicultura. Proyecto Piloto. Promotora Industrial Acuasistemas, S.A.-Federación de Sociedades Cooperativas Pesqueras de Baja California-CIBNOR. Informe Ejecutivo No. 2. Febrero de 1998. 86 p.
- Civera, R., Goytortúa, E., Rocha, S., Nolasco, H., Vega-Villasante, F., Balart, E., Amador, E., Ponce. G., Colado, G., Lucero, J., Rodríguez, C., Solano, J., Flores-Tom, A., Monroy, J. y Coral, G. 2000. Uso de la langostilla roja en la nutrición de organismos acuáticos pp. 325-368 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D., Cruz-Suárez, L.E. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del Cuarto Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 15-18 de noviembre de 1998. La Paz, B.C.S. México.
- Clifford, H. 1997. Manual de operación para el manejo de super shrimp en estanques. Super Shrimp. S.A. de C.V. 105 p.



- Córdova-Hernández, J. y García-Carreño, F. 2001 Enzymatic responses of *Penaeus vannamei* fed supplemented feeds with different sources of protein. Pacific Fisheries Technologists. 53<sup>rd</sup> annual meeting. 25-28 febrero La Paz, B.C.S., México.
- Cruz-Suárez, L.E., Alonso-Martínez, G., y Rique, D. 1990. Utilization of cricket meal (*Petophylla beltrani*) as a protein source for shrimp feeds. pp. 5-7 En John D. Castell y Kenneth E.(Eds). Crustacean Nutrition Newsletter, Vol. 6. No.1 March 16.
- Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Martínez, J.A. y Wesche-Ebeling, P. 1993. Evaluation of two shrimp by-product meals as protein sources in diets for *Penaeus vannamei*. Aquaculture. 11:53-62.
- Cuzon, G. y Guillaume J. 1999. Utilización de levaduras por camarones peneidos. pp. 303-310 En Mendoza, R., Cruz-Suárez, L.E. y Rique-Marie, D. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola II. Memorias del segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 7-9 de noviembre de 1994. Monterrey, N.L., México.
- Escoto, R., y Orellana F. 1981. Segundo crucero de evaluación del recurso langostino del Pacífico Nicaragüense. Boletín técnico del Instituto Nicaragüense de la Pesca (Diciembre 1980), 42 p.
- FAO, 1998. FAO Fishery Information, Data and Statistics Unit. Aquaculture production statistics 1987-1996. FAO Fisheries Circular No. 815, Rev. 10. Rome, FAO, 197 p.
- FAO, 2000. Yearbook of Fishery Statistics 1998. Vol 86/2. Aquaculture production. FAO Statistics Series No. 154 and Fisheries Series No. 56, Rome, FAO. 182 p.
- Fenucci, J. 1988. Manual para la cría de camarones peneidos. FAO, Roma. 88 p.

- Galván, M.F. 1988. Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, en el océano Pacífico Mexicano durante el periodo 1984-1985. Tesis de Maestría en Ciencias, CICIMAR, La Paz B.C.S., México. 86 p.
- Gallardo, Y.N. 1975. Aprovechamiento integral de la langostilla *Pleuroncodes planipes*. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, DF. 123 p.
- García, T., y Jaime, B. 1990. Utilización de la harina de lombriz de tierra (*Eudrilus eugeniae*) en la alimentación de post-larvas del camarón blanco *Penaeus schmitti*. Revista de Investigaciones Marinas. Universidad de la Habana. Vol. XI, No. 2 pp. 147-155.
- García, S. 1984. "Reproduction, Stock, Assessment Models and Population Parameters in Exploited Penaeid Shrimp Populations". pp. 139-158. En Rothlisberg P.C., Hill B.J. y Staples D.J. (Eds), Second Australian National Prawn Seminar, Cleveland, Australian
- García-Carreño, F.L., Gollas-Galván T. y Navarrete del Toro M.A. 1999. Langostilla (*Pleuroncodes planipes*) as Source of Protein Hydrolysate and Carotenoproteínas. Journal of Aquatic Food Technology 8(3):23-38.
- Glynn, P.W. 1961. The first recorded mass stranding of pelagic red crabs, *Pleuroncodes planipes*, at Monterrey Bay California since 1959, with notes on their biology. California Fish and Game 47(1):97-101.
- Goyas-Galván, T., Navarrete del Toro M.A., y García-Carreño F.L. 1997. Hidrolizados de proteína y obtención de carotenoides de langostilla. VII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Mazatlán, Sin, septiembre 8-10 de 1997. 308 p.

- Goytortúa Bores, E. 1993. Evaluación del crecimiento y digestibilidad en el camarón blanco (*Penaeus vannamei*), alimentado con dietas compuesta a base de harina de langostilla (*Pleuroncodes planipes*). Tesis ingeniero en alimentos. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México. 127 p.
- Goytortúa Bores, E. 2000. Evaluación del valor nutricional de un extracto lipídico y un concentrado proteínico de langostilla *Pleuroncodes planipes* para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tesis de Maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México. 86 p.
- Gracia, G.A. 1992. Explotación y manejo del recurso camarón. Ciencia y Desarrollo 18 (106): 82-95.
- Guillou, A., Khalil, M. y Adambounou, L. 1995. Effects of silage preservation on astaxanthin forms and fatty acid profiles of processed shrimp (*Pandalus borealis*) waste. Aquaculture. 130:351-360.
- Guillaume J y Ceccaldi C. 1999. Physiologie et alimentation des poissons et crustacés. pp. 297-312. En: Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Métailler R. (Eds). Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Ifremer. 490 p.
- Hardy, R., Shearer, K., Stone, F. y Wieg, H. 1983. Fish silage in aquaculture diets. J. World Maricul. Soc. 14:495-703.
- Hardy, R., Shearer, K. y Spinelli, J. 1984. The nutritional properties of co-dried fish silage in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) dry diets. Aquaculture 38:35-44.
- Hardy, R. 1991. Fish hydrolysates: Production and use in aquaculture feeds. pp.109-115. En: Akiyama D. M. y Tan R.K. (Eds). Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop. September 19-25 Thailand and Indonesia.

- Hardy, R. 2000. New Developments in Aquatic Feed Ingredients and Potential of Enzyme Supplements. pp. 50-60 En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M., Civera-Cerecedo, R. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 19-22 de noviembre de 2000. Mérida, Yucatán, México.
- Hendrickx, M. 1996. Los camarones penaeoidea bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) del Pacífico mexicano. CONABIO, UNAM. 148 p.
- Hernández González, G. 1999. Evaluación del valor nutricional de una harina de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) fabricada a nivel industrial, como insumo proteico en dietas para camarones peneidos. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Sonora, México. 60 p.
- Hewitt, C. y Richard, D. 1992. Efecto de la salinidad en el crecimiento, la supervivencia y el consumo de oxígeno de juveniles de camarón café *Penaeus californiensis* (Holmes, 1900). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz B.C.S., México. 80 p.
- Holthius, L.B. 1980. Shrimps and Prawns of the World. An Annotated Catalogue of Species of Interest to Fisheries, FAO Fishery Synonymous, 125 (1) 260-271.
- Holland, K.N. y Borski, R.J. 1993. Palatability bioassay for determining ingestive stimuli in the marine shrimp *Penaeus vannamei*. Aquaculture 109:153-164.
- Kato, S. 1974. Development of the pelagic red crab (Galatheididae, *Pleuroncodes planipes*) fishery in the eastern Pacific Ocean. Mar.Fish.Rev. 36(10):1-9.

- Kitabayashi, K., Kurata, H., Shudo, Nakamura, K. y Ishikawa, S. 1971. Studies of formula feed for kuruma prawn I: on the relationship among glucosamine, phosphorus and calcium. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*. 65:91-107.
- Kolkovski, S. y Tandler, A. 2000. The use of squid protein hydrolysate as protein source in microdiets for gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. *Aquaculture Nutrition* 6: 11-15
- Kolkovski, S., Czesny, S. y Dabrowski, K. 2000. Use of krill hydrolysate as a feed attractant for fish larvae and juveniles. *Journal of World Aquaculture Society*. 31(1) 81-95.
- Lawrence, A.L. y Castille, F. 1991. Nutritional response of a western hemisphere shrimp, *Penaeus vannamei*, to meat and bone, feather and poultry by-products meals. *Fats and protein Research Foundation Inc. Directors Digest*. 215:54-56
- Lawrence, A. y Lee, P. 1997. Research in the Americas. pp. 567-587. En: D'Abramo L., Conklin D., Akiyama D. (Eds.) *Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A. Vol. 6:.
- Longhurst, A.R., Lorenzen C.J. y Thomas W.H. 1967. The role of pelagic red crabs in the grazing of phytoplankton off Baja California. *Ecology* 48:190-200.
- Martínez Córdova, L. 1993. *Camaronicultura*. Ed. AG.T., 223 p.
- Mendoza, R., De Dios, A., Corruz, E. y Del Angel, A. 1995. Análisis de la transformación de la pluma cruda como fuente de proteína para *Penaeus vannamei*. 46° congreso Anual del P.F.T. 5-8 de febrero Mazatlán, México.

- Mendoza, R., Aguilera, C. y Montemayor, J. 1998. Utilización de subproductos avícolas en las dietas para organismos acuáticos. pp. 365-401. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D. y Mendoza, R. (Eds). Avances en Nutrición Acuicola III. Memorias del tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 11-13 de noviembre de 1996. Monterrey, Nuevo León, México.
- Mendoza R., Montemayor J., Aguilera C., Castañeda A., Verde J., Civera R. y Rodríguez G. 2000. Chemodetection tests of synthetic molecules and natural extracts, to assess their potential as chemoattractants for marine shrimp feed. Book of abstracts. Aquaculture America 2000. New Orleans. febrero 2-5, 220-221.
- New, M.B. 1976. A review of dietary studies with shrimp and prawns. Aquaculture, 9:101-104.
- New, M.B. 1987. Feed and feeding of fish and shrimp. A manual of the preparation of compound feeds for shrimp and fish in aquaculture. FAO, Rome, 275 p.
- Oliva, A., Cerqueira, A. y Goncalves, P. 1999. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. Aquaculture 179: 195-201.
- Palacios, E.M. 1999. Caracterización fisiológica del agotamiento reproductivo y optimización de la reproducción del camarón blanco del Pacífico *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda: penaeidae), Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S., México. 193 p.
- Pérez F. I. y Kensley B. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. Mémoires du muséum national d'histoire naturelle. Ed. Du Muséum. Paris. pp.16-90

- Pierce, R.W. Vander Veen J. y Olcott H.S. 1971. The lipids of krill (*Euphasia species*) and Red Crab (*Pleuroncodes planipes*). Agr. Food. Chem. 17(2):367-369.
- Pillay, T. 1990. Aquaculture, principles and practices. Fishing News Books, USA. pp. 3-9.
- Rodehutsord, M., Mandel S., Pack M., Jacobs S. y Pfeffer E. (1995) Free amino acids can replace protein-bound amino acid in test diets for studies in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J. Nutr., 125, 956-963.
- Roldan-Libenson, G., Molina, C., Cáceres, M. y Civera, R. 1999. Uso del aceite de langostilla como enriquecedor de rotíferos. Efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia de las larvas de cabrilla (*Paralabrax maculatofasciatus*). Hidrobiológica. 9 (1) 77-82.
- Sanders, B. 1983. Insuline'like peptide in the lobster *Homarus americanus* II. Insulin-like biological activity. Sem. Com. Endocrinol. 50:374-377.
- Sosa-Gómez, A., Rodríguez, C., Colado, G., Goytortúa, E. y Civera R. 2000. Evaluación nutricional de una harina de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) fabricada a nivel industrial, como ingrediente en dietas balanceadas para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en cultivo semiintensivo. Memorias del Quinto Symposium Internacional de Nutrición Acuícola Mérida, Yucatán, México 19-22 noviembre, 2000.
- Spinelli, J., Lehman, L. y Wieg, D. 1974. Composition, processing, and utilization of red crab (*Pleuroncodes planipes*) as an aquacultural feed ingredient. J. Fish. Res. Board Can. 31:1025-1029.
- Stone, F. y Hardy, R. 1986. Nutritional value of acid-stabilized and liquefied fish protein. J.Sci.Food Agric. 37:797-803.

- Stone, F. y Hardy, R. 1989. Plasma amino acid changes in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed freeze-dried fish silage, liquefied fish, and fish meal. pp. 419-426 En: Proc. Aquaculture International Congress. Vancouver, BC, Canada, 6-9 sept. 1988.
- Stone, F., Hardy, R., Shearer, D. y Scott, T. 1989. Utilization of fish silage by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture 76:109-118.
- Tacon, G.J.A, y Cowey, C.B. 1985 Protein and amino acid requirements. pp. 155-183 En: Fish energetics new perspectives, Tyler P. and Calow P., Croom Helm (Eds) Ltd. London and Sydney.
- Tacon, G.J.A. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Italia, FAO 572 p.
- Tacon, G.J.A. 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species alternatives to fish meal and other fishery resources. FAO Fisheries Circular No. 881. Rome, FAO. 35 p.
- Tacon G.J.A. 1996. Feeding tomorrow's fish. World Aquaculture. 27:20-32.
- Tacon, G.J.A. y Akiyama, D.M.. 1997. Feed ingredients. pp. 450-520. En: D' Abramo, D.E. Conklin, y Akiyama D.M. (Eds). Crustacean Nutrition. Vol.VI. L.R. World Aquaculture Society.
- Tacon, G.J.A. y Foster, I.P. 2000. Trends and challenges to aquaculture and aquafeed development in the new millennium, pp. 13-25 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D., Cruz-Suárez, L.E. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del Cuarto Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 15-18 de noviembre de 1998. La Paz, B.C.S. México.



- Tinsley, A.M., Soifer, N.L., Kern, J.M. y Weber, C.W. 1984. Housefly meal as a protein source for controlled environment aquaculture shrimp. *Nutrition Reports International*. Vol.29 (2): 405-410.
- Vander Veen J., Medwadowski B., y Olcott, H.S. 1971. The lipids of Krill (*Euphausea sp.*) and red crab (*Pleuroncodes planipes*). *Lipids* 6(7): 481-485.
- Villarreal, H. y Castro, M.P. 1992. Preliminary studies on the effect of protein content on the growth of *Penaeus vannamei* at marine salinities. Abstract publicado en *Aquaculture'92*, Orlando, Fla. May 21-25, 70-80.
- Villarreal, H., Civera, R., Pastén, J., Vega, F., Rocha, S. y Goytortúa, E. 1994. Effect of the partial and total substitution of shrimp meal, fish meal and red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal in the growth of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*. Abstract publicado en *World Aquaculture'94*, New Orleans. Louisiana, USA. January 14-18, 106-107
- Villarreal, H. 1995. Utilización de la langostilla en la acuicultura. pp. 179-191 En: *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Auriol-Gamboa, D. y Balart E.F. (Eds). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S., México. 233 p.

## ANEXO 1

### Perfil de amino ácidos del hidrolizado de krill (*Euphausia pacifica*)

Aminoácido	Información técnica proveniente de la compañía	Kolkovski <i>et al.</i> (2000b)
Treonina*	2.75	2.14
Valina*	3.30	2.38
Metionina*	2.16	1.18
Isoleucina*	2.80	2.07
Leucina*	4.47	3.26
Fenilalanina*	2.77	2.17
Lisina*	6.37	3.69
Triptofano*	0.78	-
Ácido aspártico	6.17	4.66
Ácido glutámico	7.93	6.26
Serina	2.02	1.90
Prolina	2.07	2.50
Alanina	3.42	2.74
Glicina	4.11	3.48
Cisteina	1.04	0.71
Tirosina	2.44	1.48
Histidina*	1.53	1.17
Arginina*	4.41	3.11

\* Amino ácidos esenciales para camarón.

ANEXO 2

DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE CULTIVO, TUBERIAS DE AGUA Y AIRE EN EL LABORATORIO DE NUTRICIÓN EXPERIMENTAL

