



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE PESCADO, POR HARINA DE SOYA E HIDROLIZADO DE CABEZA DE CAMARÓN, EN DIETAS BALANCEADAS EN JUVENILES DE LANGOSTA DE QUELAS ROJAS, *Cherax quadricarinatus* (Crustacea:Parastacidae).

MAESTRIA EN BIOLOGÍA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A:

ANGEL PÉREZ ZAVALA

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSÉ LUIS ARREDONDO FIGUEROA

COMITÉ TUTORIAL

DRA. KEIKO SHIRAI MATSUMOTO
M. EN C. ESTELA PÉREZ CRUZ

México, D.F. Abril, 2004

El Jurado designado por la Comisión de la Maestría en Biología, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, aprobó la comunicación idónea de resultados que presentó el alumno Ángel Pérez Zavaleta.

COMITÉ TUTORIAL:

DIRECTOR: Dr. José Luis Arredondo Figueroa _____

ASESORA: Dra. Keiko Shirai Matsumoto _____

ASESORA: M. en C. Estela Pérez Cruz _____

SINODAL: Dr. Jesús Trinidad Ponce Palafox _____

SINODAL: José Latournerie Cervera _____

“La Maestría en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, pertenece al Padrón de Posgrados de Excelencia del CONACYT”

La presente tesis se desarrolló en las instalaciones de la Planta Experimental de Producción Acuícola, del Departamento de Hidrobiología, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, dentro del proyecto “Desempeño metabólico de *Cherax quadricarinatus* alimentados con dietas experimentales, sometidos a su preferencia térmica”. También, se contó con el apoyo de la Dra. Keiko Shirai Matsumoto, del Departamento de Biotecnología para completar el trabajo experimental. La investigación se realizó del 2002 al 2003.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de proteína utilizada en la elaboración de dietas balanceadas para peces y crustáceos.

Tabla 2. Características de las fases que presentan los estímulos químicos.

Tabla 3. Ubicación taxonómica de *Cherax quadricarinatus*.

Tabla 4. Estudios con atrayentes en diferentes especies acuáticas.

Tabla 5. Composición de aminoácidos como % de proteína para la langosta juvenil, camarón cola fuerte, alimentos comerciales para camarón comercial en general, alimentos comerciales para *Litopenaeus vannamei*.

Tabla 6. Restricciones nutricionales para la formulación de alimentos balanceados para camarón sistemas de cultivos.

Tabla 7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos registrados en el sistema cerrado de recirculación de agua, durante el primer bioensayo.

Tabla 8. Peso obtenido al final al final del bioensayo de juveniles de *Cherax quadricarinatus*.

Tabla 9. Valores promedio e los bioindicadores de crecimiento y eficiencia de utilización del alimento para juveniles de langosta de *C. quadricarinatus*.

Tabla 10. Resultados de los parámetros fisicoquímicos registrados en el sistema cerrado de recirculación de agua, utilizado en el presente experimento.

Tabla 11. Peso obtenido al final del bioensayo de juveniles en *C. quadricarinatus*.

Tabla 12. Valores promedio de los bioindicadores de crecimiento y eficiencia de utilización del alimento para juveniles de la langosta, *Cherax quadricarinatus*.

Tabla 13. Contenido proteico en carcasa de juveniles de *C. quadricarinatus*.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de harina de pescado e incremento de la actividad acuícola, periodo durante el periodo de 1984 a 1999.

Figura 2. Porcentaje de ácidos grasos Omega 3, en diferentes aceites de pescado.

Figura 3. Localización de los Astestacos en la parte antenular de los crustáceos.

Figura 4. Distribución original de la langosta de quelas rojas, *Cherax quadricarinatus*.

Figura 5. Aspecto general de una langosta de *Cherax quadricarinatus*.

Figura 6. Curvas de crecimiento de juveniles de *Cherax quadricarinatus*, durante el primer bioensayo.

Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia obtenida al final del bioensayo preliminar.

Figura 8. Número de mudas totales obtenidas durante el bioensayo preliminar.

Figura 9. Número de mudas y mortalidad en periodos quincenales.

Figura 10. Peso obtenido de juveniles *C. quadricarinatus* al final del experimento.

Figura 11. Peso ganado por individuo de *C. quadricarinatus*.

Figura 12. Peso ganado en porcentaje por los juveniles de *C. quadricarinatus*.

Figura 13. Tasa específica de crecimiento de *C. quadricarinatus*.

Figura 14. Tasa de conversión alimenticia juveniles de *C. quadricarinatus*.

Figura 15. Tasa de eficiencia proteica de juveniles de *C. quadricarinatus*.

Figura 16. Alimento consumido por individuos de *C. quadricarinatus*.

Figura 17. Obtención de curva de crecimiento en juveniles de *C. quadricarinatus* en el segundo bioensayo.

Figura 18. Supervivencia de juveniles de *C. quadricarinatus*.

Figura 19. Frecuencia de mudas a lo largo del experimento.

Figura 20. Frecuencia de mudas en periodos quincenales de juveniles en *C. quadricarinatus*.

Figura 21. Obtención de peso de las langostas al final del bioensayo.

Figura 22. Peso ganado por individuo de los juveniles *C. quadricarinatus*.

Figura 23. Peso ganado en porcentaje en juveniles de *C. quadricarinatus*.

Figura 24. Tasa específica de crecimiento de juveniles de *C. quadricarinatus*.

Figura 25. Tasa de conversión alimenticia de juveniles *C. quadricarinatus*.

Figura 26. Tasa de eficiencia proteica de juveniles *C. quadricarinatus*.

Figura 27. Alimento consumido por individuo de *C. quadricarinatus*.

Figura 28. Consumo de alimento en porcentaje de las dietas evaluadas.

Figura 29. Curva estándar de seroalbúmina bovina de acuerdo al método de Lowry-Peterson (1997).

CONTENIDO

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO	4
Importancia de la nutrición y alimentación en la acuicultura.....	5
Producción de la harina de pescado y sus perspectivas.....	8
Fuentes de proteínas comúnmente utilizadas en dietas para peces y crustáceos.....	10
Fuentes de proteínas de origen animal y vegetal.....	11
Fuentes alternativas de proteínas.....	12
<i>Proteínas de origen animal</i>	12
<i>Proteínas de origen vegetal</i>	13
Obtención y transformación de subproductos pesqueros.....	15
<i>Ensilaje</i>	15
<i>Ensilado biológico</i>	16
<i>Ensilado químico</i>	16
<i>Hidrolizados</i>	17
Atrayentes.....	18
<i>Atrayentes en crustáceos</i>	20
Detección del alimento.....	21
Mecanismos de quimioatracción en crustáceos decápodos.....	21
<i>Astestacos</i>	22
Aparato digestivo de los crustáceos.....	23
<i>Digestibilidad</i>	24
Relación del alimento con la muda.....	25
Biología de la langosta de quelas roja <i>Cherax quadricarinatus</i>	27
<i>Taxonomía</i>	27
<i>Origen</i>	27
<i>Distribución</i>	28

<i>Morfología</i>	28
<i>Aspectos reproductivos</i>	29
Requerimientos de calidad del agua.....	30
Importancia.....	31
El caso de México.....	31
Requerimientos Nutricionales.....	32
ANTECEDENTES	34
HIPÓTESIS	41
OBJETIVO GENERAL	42
OBJETIVOS PARTICULARES	42
MATERIALES Y MÉTODOS	43
Descripción del sistema cerrado de recirculación.....	43
Análisis de la calidad del agua.....	44
Obtención y mantenimiento de los juveniles.....	44
Obtención del hidrolizado a partir de la cabeza de camarón.....	45
Formulación de dietas.....	45
<i>Primer experimento</i>	45
Análisis químico proximal de las dietas.....	46
<i>Segundo experimento</i>	47
Elaboración de las dietas.....	48
Biometrías y suministro de alimento.....	49
Colecta de alimento remanente y de la muda.....	49
Determinación de proteína circulante en el sistema de cultivo.....	50
Evaluación de parámetros de crecimiento.....	50
Análisis estadísticos.....	51
RESULTADOS	52
Primer experimento.....	52
Calidad del agua.....	52
Curva de crecimiento.....	52
Sobrevivencia.....	53
Bioindicadores del crecimiento.....	54

<i>Número de mudas</i>	54
<i>Frecuencia de muda quincenal y mortalidad</i>	55
<i>Peso final (mg)</i>	56
<i>Peso ganado individual (mg/día)</i>	57
<i>Peso ganado (%)</i>	58
<i>Tasa específica de crecimiento (%/día)</i>	59
Indicadores de eficiencia alimentaria.....	60
<i>Tasa de conversión alimenticia (TCA)</i>	60
<i>Tasa de eficiencia proteica (TEP)</i>	61
<i>Alimento consumido individual (mg/día)</i>	62
<i>Análisis del comportamiento de los bioindicadores con respecto al tiempo y a la dieta experimental suministrada durante el primer experimento</i>	64
Segundo experimento.....	69
<i>Calidad del agua</i>	69
<i>Curva de crecimiento</i>	69
<i>Sobrevivencia</i>	70
Bioindicadores de crecimiento.....	71
<i>Número de mudas</i>	71
<i>Número de mudas en periodos quincenales</i>	72
<i>Peso final (mg)</i>	73
<i>Peso ganado individual (mg/día)</i>	74
<i>Peso ganado (%)</i>	75
<i>Tasa específica de crecimiento (%/día)</i>	76
Indicadores de eficiencia alimentaría.....	77
<i>Tasa de conversión alimenticia (TCA)</i>	77
<i>Tasa de eficiencia proteica (TEP)</i>	78
<i>Alimento consumido individual (mg/día)</i>	79
<i>Alimento consumido (%)</i>	80
<i>Análisis del comportamiento de los bioindicadores con respecto al tiempo y a la dieta experimental suministrada durante el</i>	

<i>segundo experimento</i>	83
Determinación de proteínas presentes en el sistema de circulación cerrado.....	83
Contenido proteico de la carcasa.....	87
DISCUSION	89
Calidad del agua.....	89
Efecto de las dietas sobre el crecimiento.....	90
Atrayentes.....	93
Frecuencia de muda y sobrevivencia.....	95
Bioindicadores de crecimiento.....	98
Indicadores de eficiencia alimentaria.....	103
CONCLUSIONES	108
LITERATURA CITADA	110

RESUMEN

En el ámbito mundial, la actividad pesquera produce cantidades considerables de desechos que en la mayoría de los casos no son aprovechados. En México, con el desarrollo del cultivo y captura del camarón se manejan grandes volúmenes de desecho de cabeza o cefalotórax. Se ha calculado que la producción de desechos de camarón alcanza casi las 32,000 toneladas anuales y únicamente el 5% es convertido en harina. En el presente trabajo se investigó el efecto de la sustitución de la harina de pescado por harina de soya e hidrolizado de la cabeza de camarón, en alimentos balanceados suministrados a juveniles de la langosta de quelas roja, *C. quadricarinatus*. Se realizaron dos experimentos con una inclusión del 30% proteína proveniente de la harina de pescado y un 30% de pasta de soya y se aplicaron diferentes concentraciones de hidrolizado, obtenido a partir de la fermentación de cabezas del camarón. Las inclusiones del hidrolizado oscilaron entre 0.5 a 2.5% en el primer experimento y del 2.5 al 15% para el segundo experimento. Los experimentos se realizaron bajo condiciones de laboratorio controladas en un sistema cerrado de recirculación. A los juveniles se les alimentó con el 6% de su biomasa por día adecuando la cantidad cada 15 y 8 días respectivamente en cada experimento. Los resultados mostraron que en el primer experimento los juveniles alcanzaron su mejor crecimiento en la dieta contenía 2.5% de hidrolizado. Esta dieta fue la que presentó los valores más altos de sobrevivencia, peso final, peso ganado individual, porcentaje de peso ganado, tasa específica de crecimiento y tasa de eficiencia proteica. En el segundo experimento la sobrevivencia de los juveniles fue mayor y la dieta conteniendo 5% de hidrolizado fue la que presento los mejores bioindicadores de crecimiento y eficiencia alimentaria. La detección de proteína circulante en el sistema cerrado resultó negativa, por lo que se descarta su presencia y cualquier interferencia con la medición de los parámetros de crecimiento. La respuesta favorable de las langosta observada en los experimentos, indica que la calidad del alimento balanceado y la combinación de la pasta de soya y el hidrolizado de cabeza de camarón, en los niveles de 30% y 5% respectivamente, contribuyen al óptimo crecimiento de los juveniles y abaratar los costos de producción del alimento.

ABSTRACT

Fisheries activities produce large quantities of non-recycled wastes all over the world. In Mexico, shrimp commercial captures and cultures generate high quantities of non-used heads. It is calculated that these wastes reach up to 32,000 annual tons and only 5% is converted in shrimp meal. In the present work we investigated the effects of the substitution of fish meal by soy meal and head head shrimp hydrolyzed (HSH) in food diets supplied to hatchlings of redclaw *Cherax quadricarinatus*. Two experiments were realized, both included 30% of protein and 12% lipids. In the first experiment, five diets based on a 70/30 fish meal/soy meal were tested: substituting the fish meal with 0, 0.5, 1, 2 and 2.5% of HSH. The second experiment also consisted of five diets, a control diet (100% fish meal) and four essays based on a 70/30 fish meal/soy meal and substituting the fish meal with 2.5, 5.0, 10 and 15% of HSH. The trials were realized under controlled laboratory conditions in a closed recirculating-water system. Hatchlings were feed daily with 6% of their total biomass, and the quantities of food were re-calculated every 15 and 8 days, in the first and second experiment, respectively. Results showed that in the first experiment the best growth rate was obtained with the diet containing 2.5% of HSH. This diet also presented the highest values for survival rate, final weight, individual gain weight, percent of gain weight, specific growth rate and protein efficiency rate. In the second experiment the highest survival rate was observed with the diet containing 5% of HSH, showing also the highest growth rates and alimentary efficiency rates. Retention of protein circulating into the closed recirculating-water system was negative. The combination soy meal/HSH in levels of 30% and 5% respectively, contributed to an adequate growth rate in the species and diminish food production cost.

INTRODUCCION

En la actualidad, el incremento de la demanda de alimentos balanceados en la acuicultura a escala mundial ha tenido un incremento notorio. No obstante que todos los ingredientes son importantes, la proteína de origen animal es el insumo que se incrementa de manera sustancial y por lo tanto repercute en la rentabilidad del cultivo, ya que puede representar entre un 40 y 60% de los costos de operación en una granja. Por ésta razón, es necesario buscar fuentes alternativas para producir alimentos a bajo costo y con un alto contenido proteico (Rodríguez-Serna y colaboradores, 1996; FAO, 2000).

Para mantener el funcionamiento fisiológico de cualquier organismo acuático bajo condiciones de cultivo, se deben tomar en cuenta sus requerimientos de los cinco grupos de nutrientes: proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, los cuales se cubren generalmente con una dieta balanceada que contenga proteína de origen animal, utilizándose principalmente la harina de pescado, que cuenta con un alto contenido proteico y presenta alta digestibilidad, además, de contener un perfil bien balanceado de aminoácidos esenciales y de ácidos grasos (McCoy, 1990; El-Sayed, 1999; Smith y colaboradores, 2000).

Debido a las características antes mencionadas, la harina de pescado es un producto difícil de sustituir, sin embargo, hoy en día, su adquisición presenta algunos inconvenientes debido a la sobreexplotación de la pesca sobre todo de las especies pelágicas menores que son destinadas para la elaboración de las harinas para abastecer el sector de la industria de alimentos balanceados y como una consecuencia de ello, el impacto negativo que se tiene sobre la abundancia en la población, lo cual provoca escasez del producto. Por ésta razón, el incremento de su precio afecta de manera importante la inversión que se destina a los alimentos balanceados para el cultivo de organismos acuáticos (McCoy, 1990; Rodríguez-Serna y colaboradores, 1996; El-Sayed, 1999).

El alimento balanceado como insumo, es el más importante para alcanzar el objetivo de elevar la producción de biomasa en el sector acuícola (Cuzon y colaboradores, 1994), pero además, se debe de considerar que si un alimento balanceado no es consumido, su efecto será nulo, y es aquí donde juegan un papel importante la atractabilidad y la palatabilidad de las dietas balanceadas destinadas al cultivo de organismos acuáticos (Cruz-Suárez, 1996).

La búsqueda de nuevas alternativas para sustituir parcial o totalmente la proteína de origen animal, ha dado lugar a diversas investigaciones que se han enfocado básicamente en aquellos productos que se generan por un lado en las actividades agrícolas tales como las semillas de plantas y los granos de leguminosas, y por el otro lado, el uso de subproductos derivados de las actividades pesqueras (El-Sayed, 1999). Diferentes estudios en tiempos recientes acerca de las fuentes alternativas de proteína de origen vegetal, que presentan algunas ventajas como el bajo costo y fácil adquisición, han arrojado diversos resultados, así por ejemplo, se ha ensayado la sustitución de la harina de pescado por la harina de la microalga *Spirulina sp.* o de la harina de girasol en dietas balanceadas para Tilapia, que además de funcionar como sustituto cubren las deficiencias de aminoácidos tales como la lisina (Olvera-Novoa y colaboradores, 1998; Furuya y colaboradores, 2000). Así también, se reporta la utilización de algunas macroalgas, desperdicios de la avicultura y agricultura, además de harinas obtenidas a partir de cacahuete molido ó semilla de algodón, harina de soya y la obtención de hidrolizados como fuente de proteína para su inclusión en los alimentos (Olvera-Novoa y colaboradores, 1990).

Las fuentes de obtención de proteínas, distintas a la harina de pescado son variadas, pero en particular la harina de soya ha despertado un gran interés para su evaluación como un sustituto por su fácil adquisición, bajo costo y contenido proteico. Sin embargo, se ha reportado que altas inclusiones afectan la tasa de crecimiento y se presenta una baja eficiencia alimenticia, debido a un inadecuado balance de aminoácidos esenciales, aunado a lo anterior, también, se ha reportado la falta de palatabilidad, factor que determina su rechazo de consumo por los organismos (Alceste, 2000).

Para dar solución a la baja aceptación de alimentos balanceados que contienen inclusiones de harina de soya o de algún otro derivado vegetal, se han venido utilizando los hidrolizados, los cuales se obtienen a través del ensilaje de productos tales como las vísceras de pescado, desechos de abulón o de camarón entre otros, que además, pueden funcionar como atrayentes y de ésta manera garantizar la ingesta del alimento ofrecido.

En este sentido y de acuerdo a Knorr en 1991 (citado en Shirai y Hall, 1996), la principal fuente de obtención de materia prima con potencial de aprovechamiento se encuentra en el procesamiento del camarón a escala industrial, ya que se generan cantidades importantes de cabeza o cefalotórax. Se estima que, en el ámbito mundial la producción de subproductos derivados de éstos crustáceos alcanza aproximadamente 1.44 millones de toneladas en peso seco.

En países como México, en donde el camarón es uno de los recursos pesqueros más importantes ya que se han registrado capturas entre 45,000 a 70,000 toneladas al año, y los desechos generados, principalmente el cefalotórax, se depositan en el ambiente, sin recibir tratamiento alguno afectando severamente el entorno ecológico (Cruz-Suárez y colaboradores, 1993; Shirai y Hall, 1996).

Debido a la ausencia de investigaciones enfocadas a la utilización de subproductos generados de las actividades pesqueras y que funcionen como atrayentes en dietas balanceadas para crustáceos de importancia en la explotación acuícola, se ha motivado el presente trabajo, aplicado en una especie que cada día cobra un mayor interés a nivel mundial y en nuestro país, que es la langosta de quelas roja, *Cherax quadricarinatus*.

MARCO TEÓRICO

Importancia de la nutrición y alimentación en la acuicultura

La acuicultura es una práctica importante como fuente de alimento, de empleo e ingresos en muchos países y comunidades. Esta actividad se ha desarrollado principalmente en ambientes de agua dulce, y según la FAO el 58.7% del cultivo corresponde básicamente a los peces y los crustáceos que representan el 35% (FAO, 2000; semarnat.gob.mx/acuicultura). En la actualidad, se reporta que la acuicultura crece a un ritmo rápido, puesto que los aportes mundiales de pescado, crustáceos y moluscos cultivados, pasaron del 3.9% de la producción total en peso en 1970 a casi 30% en el año 2000 (FAO, 2000; www.indexof/pesquerías/Pesca/FAO/sofia/sofia).

Para sustentar el cultivo masivo de larvas de peces y crustáceos, generalmente se utiliza el suministro de alimento vivo, ya sea de origen vegetal o animal. A nivel mundial, se reporta su práctica a través de granjas de engorde con técnicas desarrolladas de acuerdo a los recursos disponibles del lugar de origen (Arredondo y colaboradores, 1994). Al cultivar organismos acuáticos, una de las constantes preocupaciones es el crecimiento, un rubro que aparentemente se cubre en la mayoría de las granjas con el suministro adecuado del alimento balanceado; sin embargo, frecuentemente los conocimientos que se manejan para cubrir requerimientos proteicos no están bien fundamentados, conduciéndose en términos de aplicación básicamente empírica, y en la mayoría de los casos el sustento de la investigación científica está ausente (Rodríguez-Serna y Carmona, 2002).

Las prácticas de cultivo de los crustáceos en México, se realizan principalmente en las granjas de camaronicultura, instaladas en lugares cercanos al Pacífico con el camarón blanco y azul *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris* (Cifuentes y colaboradores, 1997), y a últimas fechas las prácticas se han realizado con acociles o langostas de quelas rojas, *Cherax quadricarinatus*, especie introducida recientemente en el país (Arredondo y colaboradores, 1994; Rodríguez-Serna y Carmona, 2002).

Para el cultivo de organismos acuáticos, es imprescindible el manejo y dominio del aspecto nutricional, y dada la importancia de cubrir los requerimientos nutricionales de las especies, hoy en día surge el interés de proveer fuentes proteicas de origen vegetal de fácil adquisición y bajo costo, para sustituir parcial o totalmente las de origen animal debido a la escasez de la harina de pescado, lo cual no nos es ajeno al país, dando pie a la generación de diversas investigaciones.

La participación de la Biotecnología, para aumentar la eficiencia y sustentabilidad de la acuicultura, juega un papel importante al desarrollar alimentos adecuados para los organismos cultivados. Un beneficio de ello, es la obtención de proteínas a bajo costo, basándose en subproductos provenientes de actividades pesqueras, así como lograr la formulación de alimentos artificiales que mantenga su estabilidad por cierto tiempo en el agua y que sean consumidos ávidamente por los organismos, para finalmente obtener una ventaja en los rendimientos acuícolas.

En este sentido, la necesidad de mejorar la calidad de los alimentos para los crustáceos ha dado lugar a diversos trabajos de investigación que cubren varios campos del conocimiento y que no sólo incluyen la nutrición y la tecnología de preparar el alimento, sí no también, la ecofisiología que permite entender mejor el comportamiento de los organismos (Cuzon y colaboradores, 1994), y de igual manera los mecanismos de percepción y captura del alimento, culminando con sus procesos de ingestión, digestión y finalmente con la asimilación (Rosas, 1996).

Numerosas áreas de ciencias biológicas están participando en el desarrollo de técnicas para aumentar la eficiencia y sustentabilidad de la acuicultura. La mayoría de ellas tiene que ver con biotecnologías enfocadas al mejoramiento de las tasas de crecimiento, los aspectos genéticos y reproductivos. Entre las áreas de investigación de interés en la acuicultura, se encuentran la del desarrollo larvario, la nutrición y la alimentación, tasa de conversión alimenticia y los indicadores biológicos de crecimiento (Solar, 2002).

No obstante, que la acuicultura intensiva es considerada como una actividad nueva si se compara con la agricultura y la ganadería, en la actualidad comienza a expandirse constituyendo una actividad alternativa a la ganadería. Su sustentabilidad depende fundamentalmente del suministro de harinas, las cuales se generan a partir de las actividades pesqueras para suministrarlas como alimento a organismos cultivados (Martínez y colaboradores, 1996).

De tal forma que, cuando se pretende elaborar alimentos destinados para el consumo de organismos acuáticos, el objetivo principal es cubrir los requerimientos dietéticos que consideren un balance nutricional apropiado con una cantidad mínima de factores antinutricionales, buena atractabilidad y palatabilidad, además, que mantengan una estabilidad de varias horas en el agua que permita su consumo total, todo ello bajo la perspectiva de un bajo costo en este insumo.

El contenido proteico de alimentos con alta calidad, es un requisito para cubrir las necesidades de los organismos cultivados y para el buen funcionamiento de la industria acuícola. La calidad radica en el tipo y composición de los ingredientes que se utilicen, la formulación de las dietas y los métodos empleados en su elaboración. La formulación de las dietas será de acorde con el requerimiento proteico de la especie a cultivar, con la finalidad de obtener los máximos rendimientos productivos en la granja. En la elaboración de los alimentos acuícolas, las fuentes de ingredientes pueden ser incluidas en cuatro categorías bien definidas: a) fuentes de energía, b) fuentes de proteína, c) fuente de vitaminas y d) aditivos no nutricionales (Campabadal y Celis, 1996).

En el caso de los crustáceos decápodos, el factor principal a considerar para garantizar la sobrevivencia y asegurar el crecimiento de los organismos es la nutrición, por lo que recomiendan que deben cubrir tres aspectos básicos que son a) calidad del alimento, b) cantidad y c) su disponibilidad; con la finalidad de obtener una mayor eficiencia productiva y operativa en la acuicultura de organismos acuáticos (Barki y colaboradores, 1997).

La fuente de obtención de energía se encuentra principalmente en los macronutrientes como los lípidos y carbohidratos, los cuales están contenidos en las dietas elaboradas, así como también, las proteínas que son utilizadas básicamente para el crecimiento y todos ellos son usados directamente o bien almacenados para su posterior uso cuando el organismo los requiera. Otros elementos importantes son los micronutrientes como las vitaminas y minerales, éstos se emplean para el transporte de proteínas con lo cual se garantiza el crecimiento de los organismos. Los organismos requieren utilizar moléculas del alimento como substrato para proveerse de energía por medio del proceso de respiración, y canalizarla al mantenimiento de sus funciones metabólicas y a la reproducción (Job ling, 1994).

En el campo de la nutrición, se considera como un factor o promotor del crecimiento a los aditivos que al ser incorporados a la dieta en pequeñas cantidades, sin variar considerablemente su composición, logra una aceleración en el crecimiento reflejándose en la ganancia de peso y talla. Para lograr que las sustancias ingeridas sean efectivas, deben mantener su integridad durante el proceso de digestión y ser absorbidas para que cumplan su función en los diferentes tejidos (Carrillo y colaboradores, 2000).

Hoy en día, la preocupación que prevalece con respecto a los organismos acuáticos que presentan un gran potencial para su cultivo, reside en la necesidad de asegurar la ingestión de dietas balanceadas que cubran sus requerimientos nutricionales, además, de su efectividad para que generen buenas tasas de conversión alimenticia, y finalmente que sea redituable económicamente para su posterior comercialización (Mendoza y colaboradores, 1996). Las investigaciones han tenido prioridad en proporcionar alternativas para disminuir los costos en el abastecimiento y suministro del alimento, el cual representa en la mayoría de las veces de un 40 a 60% de la inversión, siendo la proteína el componente más costoso en la formulación de las dietas administrado a especies cultivables (Rodríguez-Serna y colaboradores, 1996; Olvera-Novoa y colaboradores, 1998).

Para cubrir requerimientos proteicos en la elaboración de dietas destinadas para el consumo de organismos acuáticos, se incluye una fracción importante de harina de pescado, sin embargo, el estancamiento de su producción y la creciente actividad de la acuicultura a escala internacional, demanda y orilla a la búsqueda de fuentes alternativas de proteínas (Mendoza, 1993).

Producción de harina de pescado y sus perspectivas

La producción de harina de pescado a escala mundial en la década de los 90 osciló entre los 6 y 7 millones de toneladas, siendo el año de 1998 un periodo excepcional por el fenómeno del niño, ya que afectó su producción (Fig. 1), lo cual repercutió de manera negativa en la actividad pesquera y en el suministro del insumo (Zaldivar, 2002). Aunado a lo anterior, se debe de tomar en cuenta las experiencias en tiempos pasados de la escasez de harina de pescado como en su momento lo señaló McCoy (1990), al alertar que en la década de los 80 la escasez colapsó a los mercados internacionales, principalmente bajo el argumento de la explotación irracional llevada a cabo sobre las especies destinadas a la elaboración de alimentos para satisfacer demandas del producto a países tales como China y Taiwán, que antes no tenían la tradición del cultivo de especies. En consecuencia, el encarecimiento de la harina de pescado, debido al incremento de su demanda fue notorio tornándose inaccesible su adquisición.

Por los motivos antes expuestos, el suministro del preciado insumo ha sido la preocupación de países como Perú, que después de haberse mantenido en el liderazgo en producción de la harina de pescado se ha visto en la necesidad de importarla en ocasiones desde Europa, para cubrir las demandas internas de alimentos balanceados.

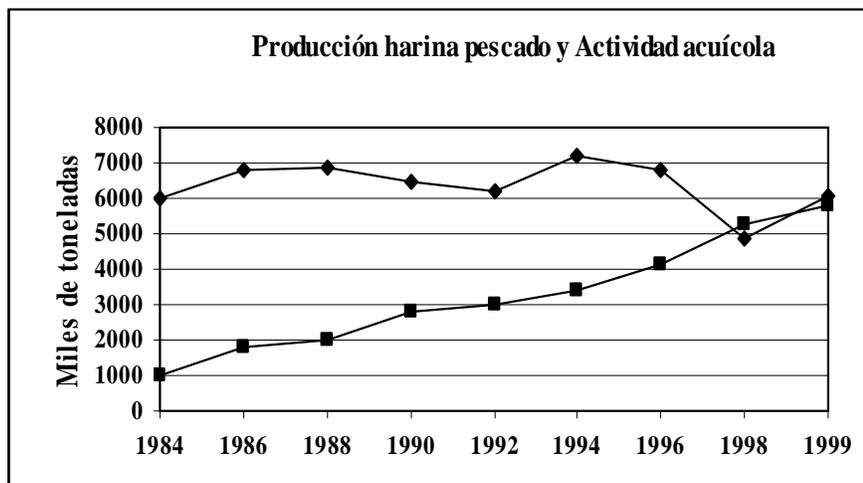


Figura 1. Producción de harina de pescado (representada por la curva superior) e incremento de la actividad acuícola (curva inferior) durante el periodo de 1984 a 1999 (tomado de Zaldivar, 2002).

Los problemas anteriores no son ajenos para México, la producción de harina de pescado está basada en la captura de peces pelágicos menores tales como la sardina y la anchoveta a lo largo del Pacífico y Golfo de México, las cuales a últimas fechas se han visto restringidas por las vedas impuestas.

La tradición de captura, que se ejerce sobre éstas especies para elaborar harina no es resultado del azar, puesto que se tiene conocimiento del alto contenido de ácidos grasos de tipo ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docohexaenoico (DHA), los cuales se han relacionado con el reforzamiento del sistema inmunológico de algunos organismos. Esta ventaja prevalece sobre otros peces como el arenque (*Arenque cuplea*) y la capelina, de los cuales también se elaboran harinas (Fig. 2). La preocupación de varios países es latente, puesto que no ha existido en los últimos años un crecimiento significativo en la producción de harinas y aceites de pescado, debido a las restricciones impuestas en la existencia de recursos sustentables provenientes de la pesca pelágica, la cual está controlada en todos los países de acuerdo a cuotas y vedas diseñadas por agencias gubernamentales, en cambio la actividad acuicultura sigue a la alza (Zaldivar, 2002).

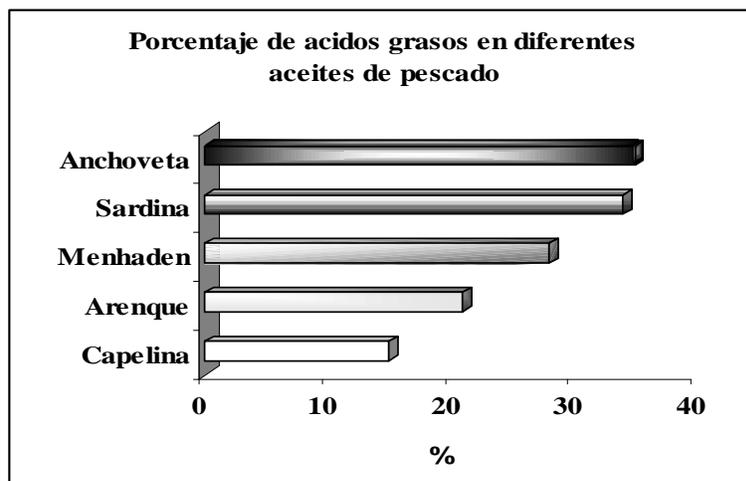


Figura 2. Porcentaje de ácidos grasos de la serie Omega 3, en diferentes aceites de pescado (tomado de Zaldivar, 2002).

Fuentes de proteínas comúnmente utilizadas en dietas para peces y crustáceos cultivados

Las fuentes de proteínas que han cubierto por tradición el requerimiento nutricional en dietas para el cultivo de peces y crustáceos, han dado resultados probados tanto en el ámbito experimental como comercial y su selección es el resultado de varios años de investigación. En la tabla 1, se indican las siete principales fuentes de proteína que han sido comúnmente utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados en la acuicultura (Mendoza, 1993).

Aún cuando el número de fuentes para obtener proteínas de origen animal es mayor que las de origen vegetal, su inaccesibilidad y elevado precio fomenta la necesidad de contar con otras fuentes diferentes, lo que es prioritario y necesario para abaratar costos de producción en la elaboración de dietas balanceadas destinadas a las granjas acuícolas. Además, para enfrentar problemas de falta de abastecimiento del insumo para la elaboración del alimento balanceado y evitar la alteración de los ecosistemas naturales debido a la extracción

irracional de enormes cardúmenes de peces y de la fauna acompañante destinada a la elaboración de harinas.

Tabla 1. Fuentes de proteína utilizada en la elaboración de dietas balanceadas para peces y crustáceos.

1) Harina de pescado
2) H. cabeza camarón
3) H. cangrejo
4) H. calamar
5) H. soya
6) Gluten de trigo
7) Levadura

Fuentes de proteínas de origen animal y vegetal

La obtención de proteínas se basa principalmente en la disponibilidad de fuentes de origen animal con un alto contenido nutritivo como la harina de pescado (Tidwell y colaboradores, 1992, citado en Mendoza, 1993), la cual presenta una elevada digestibilidad y una particularidad de atrayente, además, de su alto contenido en lisina y metionina, aminoácidos frecuentemente limitantes en las fuentes de origen vegetal. Por tal razón, y al cubrir los requerimientos nutricionales de las diferentes especies cultivadas a escala comercial, se convierte en el insumo por excelencia para la formulación de dietas balanceadas para el cultivo de organismos acuáticos (Mendoza y colaboradores, 1996; Alceste, 2000).

Para cubrir la demanda de los alimentos balanceados, la industria manufacturera de harina de pescado, considera aquellas que tienen del 65 al 70% de proteína (Alceste, 2000). No obstante, a menudo compite con productos proteicos de origen animal tales como la harina de carne y hueso, harina de sangre, de plumas entre otros, así como con productos

derivados principalmente de semillas oleaginosas como la soya, el girasol y la canola (Zaldivar, 2002).

Fuentes alternativas de proteínas

Las posibilidades de sustituir la proteína de origen animal, incluyen una variedad de fuentes. Sin embargo, se reportan sustituciones parciales que han sido satisfactorias ya que generalmente conllevan a un ahorro sustancial de los costos de producción. De acuerdo a De la Higuera en 1985 (citado en Mendoza, 1993) existen algunos criterios que deben considerarse para seleccionar las posibles fuentes proteicas de origen alternativo y son aquellas que contemplen las siguientes características:

- a) Un contenido proteico que permita sustituciones sustanciales de la harina de pescado.
- b) Un aporte de aminoácidos esenciales en cantidad suficiente para cubrir los requerimientos de los organismos a cultivar.
- c) Una alta digestibilidad proteica, la cual reúna el criterio de cantidad y calidad proteica.

Proteínas de origen animal

La principal fuentes de proteína comúnmente utilizada en la elaboración de dietas balanceadas para peces y crustáceos es la harina de pescado, sin embargo, entre las fuentes de origen animal no convencionales se tiene a los residuos de la industria avícola a partir de los cuales se puede producir harina de plumas, vísceras, cabezas y patas. La sangre obtenida de los rastros, ha despertado poco interés para obtener harinas, debido a su limitación en aminoácidos esenciales como la isoleucina, arginina, metionina y a la falta de un seguimiento higiénico. La elaboración de harina a partir de carne y hueso se ha practicado con menor frecuencia, debido a que los nutricionistas cuestionan la falta de

palatabilidad y calidad microbiológica de estos subproductos (Mendoza y colaboradores, 1996).

Las harinas antes mencionadas, y algunas otras derivadas de animales terrestres, por lo general no se emplean para aplicarse en los alimentos para camarón, debido al alto contenido de lípidos saturados, los cuales disminuyen la capacidad de crecimiento de los crustáceos, repercutiendo consecuentemente en la baja producción.

Considerando que las cabezas de camarón representan entre el 35 al 45% de la producción del crustáceo (Meyers, 1986) y debido a que contienen una composición de aminoácidos relacionados con el sabor, se puede considerar como un insumo de alta calidad, sin embargo, es necesario darle un tratamiento adecuado e incluirlo como una fuente proteica en alimentos de organismos acuáticos cultivados (Cruz-Suárez, 1993).

Proteínas de origen vegetal

Las proteínas de origen vegetal empleadas para elaborar alimentos que se destinan para el consumo de organismos acuáticos, se derivan principalmente de las oleaginosas, las cuales presentan un elevado contenido proteico aunque en ocasiones su inclusión en las dietas se vea limitada por la presencia de diversas toxinas, componentes antinutricionales o bien por carecer de algunos aminoácidos esenciales.

Dentro de las fuentes de origen vegetal que se han utilizado más comúnmente para elaborar harinas por su alto contenido proteico, su amplia disponibilidad y su bajo costo en comparación con la harina de pescado, se encuentran las siguientes: el ajonjolí (*Sesamum indicum*), el girasol (*Helianthus annus*), la soya (*Glycine max*) y el cacahuate (*Arachys hipogaea*) (Mendoza y colaboradores, 1996). Otros subproductos no convencionales que han recibido poca atención, pero que son importantes son la alfalfa (*Medicago sativa*) y la microalga, *Spirulina maxima* (Olvera-Novoa y colaboradores, 1990 y 1998).

A pesar de que la harina de girasol dentro de los ingredientes de origen vegetal presenta un balance de aminoácidos comparables a los de la soya e incluso cubre las necesidades de lisina (Olvera-Novoa y colaboradores, 1990 y 1998; Furuya y colaboradores, 2000), la utilización de la soya es cada vez más común en el alimento para la acuicultura, por su composición química, un elevado contenido vitamínico y un adecuado perfil de aminoácidos, con excepción de la metionina y la lisina.

De los diversos estudios llevados a cabo por Lim y Dominy, (1989), Akiyama, (1991), Lovell, (1991d) y Lim y Akiyama, (1991), se ha obtenido información de la eficiencia de la harina de soya sobre el crecimiento y sobrevivencia de los organismos con varios niveles de inclusión manejados como sustitución total o parcial de la harina de pescado. Las inclusiones han variado desde el 10% hasta el 100%, reconociéndose que de las diversas fuentes vegetales destaca la soya por su mejor perfil de aminoácidos (citados en Mendoza y colaboradores, 1996). Así mismo, han sido abordadas varias investigaciones que tratan de solucionar las deficiencias que presenta la harina de soya como la baja estabilidad del pelet en el agua, la falta de palatabilidad e incluso las deficiencias marcadas que presenta respecto a la metionina (Sadiku y Jauncey, 2002).

Tomando en cuenta lo anterior, para que un alimento sea consumido, no es suficiente que tenga una composición nutricional adecuada, ya se que es necesario que provoque una actividad de exploración por medio de algún atrayente y que finalmente la palatabilidad funcione como un estimulante de la ingesta del alimento (Baduin, 1990; Cruz-Suárez, 1996). El principal problema que causa la utilización de la harina de soya, es precisamente la falta de palatabilidad y ello ha orillado a desarrollar biotécnicas que permitan su inclusión en la formulación de las dietas y que estas sean consumidas adecuadamente por los organismos cultivados contribuyendo con ello a reducir los costos de producción.

Existen alternativas para contrarrestar la falta de palatabilidad y consecuentemente el rechazo de alimentos elaborados a partir de la harina de soya, así también, como la deficiencia de aminoácidos que se presenta por la sustitución parcial o total de la proteína

de origen animal, y una de ellas es el uso de subproductos obtenidos a partir de cabezas y colas de camarón, generadas como residuos de las actividades pesqueras.

Obtención y transformación de subproductos pesqueros

En México, la industria camaronera es estacional y se encuentra distribuida a lo largo de las costas del Pacífico y Golfo de México, en zonas alejadas. En consecuencia, la generación de los desechos que proviene de la misma actividad implica problemas asociados con su transportación y almacenaje. Un inadecuado manejo del material puede tener efectos negativos sobre su calidad nutricional y microbiológica, la posible solución al manejo de subproductos pesqueros que permita incrementar su valor agregado y reducir costos de inversión, es el empleo de biotécnicas como el secado del material *in situ* o la preparación de ensilados (Cruz-Suárez y colaboradores, 1993).

Se ha registrado que la actividad pesquera y el cultivo del camarón, generan desechos del orden de 35,000 a 40,000 toneladas por año, y la mayor parte se vierte al mar o en tierra provocando contaminación. Se conoce que el material de desecho de la industrialización y proceso del camarón es rico en carbohidratos, proteínas, pigmentos, quitina, lípidos, los cuales tienen posibilidades de recuperarse por medio de procesos de ensilado. (Cruz-Suárez y colaboradores, 1993; Shirai y colaboradores, 2001). Algunos de estos procesos son descritos a continuación.

Ensilaje

Es un proceso que se realiza bajo condiciones anaerobias, con la adición de ácidos. Ofrece la ventaja de preservar la materia prima y al agregar cultivadores iniciadores o bien con el aprovechamiento de las enzimas endógenas que actúan sobre las proteínas, se obtiene una sustancia líquida denominada hidrolizado proteico (Stephen y Smith, 1981; Raa y Gildberg, 1982; Shirai y Hall, 1996; Plascencia y colaboradores, 2002).

En los crustáceos decápodos, la cabeza abarca más del 33% respecto al total del cuerpo, y en el procesamiento de limpia del camarón industrial este desperdicio se descarga ya sea en mar o tierra produciendo contaminación. Sin embargo, existe la posibilidad de aprovechar el material por medio del proceso de ensilado para recuperar pigmentos y proteínas con un valor comercial considerable (Shirai y Hall, 1996; Fagbenro y Bello-Olusoji, 1997).

En este sentido, un tratamiento adecuado de los desechos por medio del ensilado en donde actúan las enzimas, permite obtener hidrolizados que poseen sustancias estimulantes tales como proteínas, aminoácidos y pigmentos, que además de proporcionar palatabilidad al alimento, influyen en el comportamiento de los organismos para que consuman dietas elaboradas a partir de harinas de origen vegetal (Mendoza y colaboradores 1996; Shirai y colaboradores, 2001).

Ensilado biológico

Su característica principal es la producción de ácidos *in situ*. La materia prima se mezcla con azúcares como la malta o melaza para producir bacterias ácido lácticas, las cuales son endógenas o provienen del cultivador iniciador destruyendo las bacterias patógenas con el ácido y los antibióticos producidos. Además, la posibilidad de la recuperación de quitosano, elemento con potencial en la industria, es viable por medio de la fermentación láctica (Shirai y Hall 1996; Plascencia, 2000).

Ensilado químico

En este tipo de ensilado su principal objetivo es bajar el pH, agregando ácidos orgánicos o inorgánicos para inhibir el crecimiento de la microfauna nociva. Sin embargo, existe una diferencia entre ellos, en el primer caso, se puede adicionar directamente en dietas preparadas para el consumo de organismos cultivados, en cambio cuando se usan ácidos inorgánicos deberán de tratarse para ser neutralizados los efectos secundarios (Raa y Gildberg, 1982; Plascencia, 2000).

A pesar del amplio conocimiento que prevalece en la utilización del ensilado, se le ha dado poca importancia al uso potencial de subproductos pesqueros para obtener hidrolizados a partir de la cabeza de camarón, del calamar y del krill como fuentes de proteína para sustituir parcial o totalmente las harinas utilizadas convencionalmente (El-Sayed, 1999).

Las investigaciones realizadas, indican que el ensilado es una alternativa para aprovechar los subproductos biológicos y proveen de material nutricional, además, que generan ventajas económicas dando valor agregado al desecho, se dispone de material a bajo costo utilizable como insumo para el cultivo de organismos acuáticos, evitando arrojar al medio ambiente residuos biológicos (Encomendero y Uchpa, 2002).

El proceso de ensilado es un método que no requiere de equipo sofisticado y caro, además, ayuda a recuperar el material derivado de subproductos generados en la actividad pesquera añadiendo un valor agregado. Este proceso, se puede realizar en sitios que cuenten con herramientas rústicas y en el mismo lugar donde se genera el propio desperdicio.

Hidrolizados

Una de las ventajas, que representa la obtención de harina por medio del desecho de camarón fermentado respecto a las obtenidas mediante el secado al sol, es la similitud que guarda en el perfil de aminoácidos y su elevado contenido energético (Fagbenro y Bello-Olusoji, 1997).

Sin embargo, en estudios recientes se han evaluado hidrolizados incluidos en la harina de camarón y calamar para formular dietas, los cuales han influido en el crecimiento de los organismos acuáticos, funcionando como atrayentes en harinas de pescado y krill, reportándose inclusiones como óptimas por arriba del 5% (Smith y colaboradores, 2000).

La aplicación de éste tipo de hidrolizados en alimentos para organismos acuáticos ha tenido éxito en México en cultivos de Tilapia (Plascencia y colaboradores, 2002). Aunado a esta

búsqueda y a pesar que se tienen registradas desde hace dos décadas las experiencias con la quimiorrecepción de alimentos, hoy en día la escasez de productos accesibles con características de estimulantes para alimentar a organismos acuáticos es evidente, y el conocimiento del potencial de diversas moléculas que funcionen como atrayente es casi nulo para los crustáceos (Mendoza y colaboradores, 1996).

Atrayentes

En la literatura se les puede encontrar reportados como quimioatrayente, quimioestimulante, estimuladores del apetito, aditivos o bien simplemente como atrayentes.

Las investigaciones realizadas acerca de los aditivos en dietas para organismos acuáticos, sientan las bases para reconocer el potencial que existe en ellos como promotores del crecimiento. Se les pueden clasificar en dos grandes grupos: a) los que influyen en procesos fisiológicos como las hormonas, aminoácidos, péptidos y compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, o bien b) los que estimulan el crecimiento de forma indirecta como los probióticos, enzimas digestivas y atrayentes (Carrillo y colaboradores, 2000).

Los atrayentes son productos orgánicos o sintéticos de bajo peso molecular, que incitan al organismo a dirigir sus movimientos hacia la fuente emisora al ser percibidos mediante sus órganos sensoriales. Algunos de ellos son aminoácidos, ácidos orgánicos, aceites esenciales y nucleótidos (Johnson y Jelle, 1986).

Son metabolitos de bajo peso molecular, lo cual garantiza mayor eficiencia de su asimilación, además, se considera que la mezcla de estos componentes estimula en mayor proporción el consumo del alimento (Mendoza y colaboradores, 1996). Los investigadores Sire y Vernier (1992) (citados en Carrillo, 2000), mencionan la ventaja que representa para la acuicultura el suministro oral de péptidos al tomar en cuenta que las fuentes administradas procedan del mismo animal evolutivamente cercano, esto evitará eventos de incompatibilidad garantizando un efecto mayor para estimular el crecimiento.

Hablar de un estimulante alimenticio, implica poder predecir la respuesta y de acuerdo a Lindstedt (1971), Heinen (1980) y Mackie (1982), (citados en Mendoza y colaboradores, 1996) los patrones esperados de respuesta ya han sido estudiados en crustáceos y se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Características de las fases que presentan los estímulos químicos.

Fases	Características
Orientación	Fase durante la cual los químicos pueden actuar como atrayentes, repelentes o arrestantes.
Iniciación a alimentarse	En ésta fase los químicos pueden actuar como incitantes o supresores.
Continuación de la alimentación	Los químicos pueden actuar como estimulantes o deterrentes.
Terminación de la alimentación	Los deterrentes actúan provocando que cese la ingestión.

El uso del quimioatrayente en ambientes acuáticos, han servido para resolver problemas relacionados con la baja o nula aceptación del alimento artificial, y de manera informal en la pesca deportiva como sebo para atraer a los organismos acuáticos (Metallier y colaboradores, 1983), así como para mejorar el consumo de dietas suplementadas con otra fuente distinta a la de origen animal y con relativo bajo contenido proteico, además de su baja aceptabilidad (Costa-Pierce y Laws, 1985).

Además de la composición nutricional, para satisfacer requerimientos de proteína, el sabor y aroma son aditivos necesarios de incluir en el alimento para garantizar su ingesta, en este sentido, los reportes en torno a los aminoácidos y moléculas de bajo peso molecular se han identificado como principales estimulantes. La obtención de atrayentes puede seleccionarse de una amplia variedad de fuentes, como por ejemplo de los huevos de salmón, de las especias como anís, de subproductos entre los que se encuentra la sangre, a partir de productos de leche, de animales marinos como moluscos, peces o crustáceos y aún cuando las concentraciones empleadas sean mínimas, son responsables directos de la estimulación de la ingesta del alimento (Baduin, 1990; Harada y colaboradores, 1996). Otros

subproductos, no muy comunes, utilizados como alimentos para organismos acuáticos son aquellos de origen marino como la almejas, la langosta y vísceras de calamar entre otros, los cuales han sido evaluados como fuentes alternativas para sustitución de las harinas de pescado.

Atrayentes en crustáceos

Se considera al desperdicio de camarón, como un material con valor agregado por contener como se mencionó anteriormente nucleótidos y aminoácidos, que actúan como estimulantes o quimioatractivo al incluirse en las dietas, despertando la avidez de consumo en los organismos cultivados y reflejándose en la ganancia de peso detectado en el momento de su cosecha (Shirai y colaboradores, 2001; Mendoza y colaboradores, 1996; Plascencia y colaboradores, 2002).

En los crustáceos decápodos los químicos juegan un papel importante en el comportamiento alimenticio y la respuesta se caracteriza al ser estimulados por moléculas de bajo peso molecular. Sin embargo, no se han discutido a fondo los niveles de concentración del estímulo químico en el alimento, se han reportado algunos de ellos utilizados en dietas para crustáceos como son: la L-arginina, L-alanina, L-aspartato, Betaina, L-lisina, glicina, L-glutamina, L-glutamato y Taurina entre otros (Johnson y Jelle, 1986).

Por su parte Akiyama y Chwang (1993), establecieron que cuando el camarón es alimentado, los atrayentes que son aminoácidos y que se liberan del alimento peletizado, son detectados por el crustáceo por medio de quimiorreceptores que se encuentran distribuidos a lo largo de todo el cuerpo. Al detectarlos, el organismo se vuelve activo y busca el alimento. Sin embargo, cuando se les observa que sujetan el pelet lo mastican pero lo expulsan, quiere decir que funciona como atrayente pero carece de palatabilidad (citado en Campabadal y Celis, 1996).

Detección del alimento

Los organismos acuáticos se basan en estímulos químicos para identificar la fuente de alimento, así también, como para escapar de sus depredadores y encontrar pareja. Estas señales son reconocidas, a pesar de la dinámica química compleja que se presenta en los ambientes acuáticos. En contraste, en sistemas controlados los estimulantes influyen de manera fluida en el comportamiento alimenticio, elevando los porcentajes de ingesta y disminuyendo la presencia de residuos del alimento como contaminante (Cardinale y colaboradores, 1999).

Los organismos acuáticos requieren de energía y de elementos químicos primordiales como aminoácidos esenciales, lípidos, carbohidratos que se encuentran en el alimento, básicamente para mantener procesos metabólicos. Los procesos mecánicos para percibir y capturar el alimento, requieren de un gasto energético, aún cuando los atrayentes formen parte de una estrategia ahorrativa, los procesos fisiológicos y bioquímicos implican un gasto energético (Rosas, 1996).

Mecanismos de quimioatracción en crustáceos decápodos

Antes de abordar los mecanismos de atracción, de acuerdo a Tierney y Dunham (1982), cabe mencionar la limitada investigación realizada acerca de la detección de comportamientos alimenticios y la quimiorrecepción en crustáceos de agua dulce en comparación con la existente en crustáceos marinos (citado en Mendoza y colaboradores, 1996).

Heinen (1980) y Zimmer-Faust (1987), han reportado que en ambientes acuáticos naturales la detección del alimento se realiza mediante la presencia de los aminoácidos libres, los cuales se difunden debido a la acción de la desaminación y descarboxilación proveniente de los organismos muertos, mismos que se relaciona con la frescura. Así mismo, se ha detectado que una de las moléculas con mayor presencia en crustáceos y moluscos son las

que los filamentos medios y laterales sean alcanzados por el par de apéndices ubicados en cada lado de la boca (tercer par de maxillipedos), este movimiento facilita la remoción de material que se ha acumulado sobre o entre los astestacos. Aún, cuando éste último mecanismo es muy común en diversos crustáceos, se conoce poco acerca de él. La longitud de las antenas ayudan a aumentar la exposición de los astestacos a los químicos del agua, y de ésta manera permite captar los olores (Barbato y Peter, 1997).

Diversos reportes acerca de los pelos de sensilla en los crustáceos, han demostrado la sensibilidad de éstos órganos para reconocer una gran variedad de aminoácidos y bases. Sin embargo, entre las especies de crustáceos de agua dulce se cuenta con pocos estudios respecto a su comportamiento en relación con los atrayentes químicos (Mackie y Shelton, 1972; Harpaz y Steiner, 1990 y Harpaz, 1997). Algunos investigadores refuerzan lo positivo que resulta emplear estimulantes de bajo peso molecular, que ponen en alerta los quimiorreceptores como aminoácidos y químicos relacionados estructuralmente, los cuales influyen en la conducta alimenticia de crustáceos (Ache, 1982 y Atema, 1985, citados en Johnson y Jelle, 1986).

De acuerdo a Harpaz (1997), cuando los crustáceos presentan un comportamiento característico para detectar, orientarse y aproximarse al alimento no garantiza su ingestión puesto que esta acción esta determinada por el sabor, y este aspecto fue corroborado por Mendoza y colaboradores (1996), quienes reportaron que si el alimento no cubre la calidad de sabor, lo pueden ingerir pero regresar si no tiene palatabilidad, no obstante, cuando se conjunta la detección del alimento en corto tiempo y el mayor aprovechamiento de los nutrientes, se considera una estrategia energética que se refleja en el crecimiento.

Aparato digestivo de los crustáceos

Los crustáceos decápodos, generalmente son carnívoros-omnívoros, su actividad para alimentarse preferentemente es por la noche. Respecto a su anatomía, la boca está en posición ventral acompañada de las mandíbulas, que funcionan como apéndices

masticadores; un esófago corto lleva el alimento al estómago que está dividido en dos cámaras separadas por un estrechamiento.

La primera cámara corresponde al estómago gástrico, donde el alimento es triturado por el molino gástrico, la segunda cámara corresponde al estómago pilórico y en el cual se lleva a cabo la digestión del alimento, consecuentemente aquí es donde desembocan las secreciones que provienen del hepatopáncreas. De acuerdo con Jussila y Mannonen (1997), se ha detectado que la glándula anterior (hepatopáncreas), funciona como fuente de reserva de energía, la cual es utilizada por los crustáceos para el crecimiento y en los momentos que se requiere para llevar a cabo la muda. El cambio de tamaño del organismo y observaciones a escala histológica, son indicios de un buen estado nutricional.

El esófago, el estómago gástrico y la mitad del estómago pilórico, están formados de quitina. El alimento fragmentado en la boca pasa al estómago gástrico, el cual está forrado de paredes musculosas. Aquí el alimento es triturado y mezclado a un pH de 7 a 8, con las enzimas procedentes de las secreciones de las paredes del estómago, dándole una consistencia fina. De allí, pasa el alimento al estómago pilórico, formado de paredes plegadas que constituyen un verdadero filtro que conduce al alimento hacía las secreciones que previamente produjo el hepatopáncreas. De acuerdo a lo que se sabe, éste segrega las enzimas proteasas que digieren las proteínas, así como también las amilasas, quitinasas y lipasas. Finalmente, el alimento pasa al intestino, donde es absorbido y distribuido por medio del torrente sanguíneo a diferentes partes del cuerpo, el remanente que no es asimilado pasa a formar parte de las heces para finalmente ser expulsadas.

Digestibilidad

De acuerdo a Cruz y colaboradores (2000), la digestibilidad es determinada básicamente por la capacidad del aparato digestivo del organismo, para convertir el alimento en moléculas disponibles para ser asimiladas por el organismo y así nutrirlo. De ahí la importancia de la digestión al realizar la hidrólisis de moléculas complejas de los alimentos

por medio de la acción de las enzimas y convertirlas en moléculas pequeñas para su posterior asimilación (citado en Orellana, 2000).

Por su parte, estudios de Goldblatt y colaboradores (1980), mencionan que uno de los problemas asociado con la determinación de la digestibilidad aparente en ambientes acuáticos, es la posibilidad del lixiviado de los nutrientes del alimento antes de su ingestión o bien de las heces antes de su colecta.

Sin embargo, Fenucci (1981) y Coelho (1984) en estudios con nutrición en camarón del género *Penaeus*, refutan lo anterior, ya que cuando el alimento estuvo expuesto en el agua alrededor de 2 horas, encontraron que la lixiviación no tuvo efectos altamente significativos en la digestibilidad (citados en Clark y colaboradores, 1993).

Relación del alimento con la muda

Es de suma importancia conocer los ritmos biológicos de los crustáceos, y uno de ellos es el ciclo de la muda que está relacionado directamente con los procesos de alimentación, de reproducción y del aprovechamiento de las reservas. La muda o ecdisis representa, para los crustáceos, un proceso que conduce finalmente al crecimiento, lo cual sucede cíclicamente cada vez que el organismo está preparado para aumentar de talla y peso (Vega-Villasante y colaboradores, 2000).

Para que suceda el crecimiento, el viejo exoesqueleto es liberado y se produce una capa quitinosa que tiene una consistencia dura, en este proceso el animal ha absorbido agua para poder romper paredes de unión entre cefalotórax y abdomen, lo cual en ocasiones se confunde con la ganancia de peso de los organismos. Los parámetros fisicoquímicos como la temperatura, el oxígeno y fotoperiodo influyen de forma determinante en los ciclos de muda, además de verse favorecida con los nutrientes (Vega-Villasante y colaboradores, 2000).

La representación del ciclo de muda en crustáceos, se puede apreciar en el siguiente esquema:

MUDA POSMUDA INTERMUDA PREMUDA MUDA
(E) >>>> (A, B) >>> (C1-4) >>> (D0-4) >>> (E)

El ciclo se repite a lo largo de la vida del organismo, y es menos frecuente conforme avanza en edad. Durante este ciclo acumulan reservas (glucógeno y lípidos), que son utilizados en la construcción del futuro exoesqueleto y en la síntesis del nuevo tejido. Los estadios extremos, premuda tardía (D3 y D4) y posmuda (A, B) se caracterizan por la ausencia en el consumo del alimento y una absorción de grandes cantidades de agua por lo que son periodos críticos para el organismo.

De acuerdo a Ceccaldi (1997), se sabe que durante el despojo del exoesqueleto algunas estructuras como la boca, el esófago y parte del estómago dejan de ser funcionales, ya que poseen una capa de quitina que es una continuación de las capas externas, la cual se desprende en el momento de la muda impidiendo que se realicen funciones como la aprensión, tránsito y molienda del alimento (citado en Vega-Villasante y colaboradores, 2000).

Las branquias quedan inutilizadas por la causa que se menciona anteriormente y el animal no podrá respirar normalmente, hasta que vuelvan adquirir la rigidez necesaria. Los estudios realizados acerca de las variaciones de las enzimas digestivas tanto en *Callinectes arcuatus* y *Penaeus notialis*, demostraron que durante la premuda y muda y el cese de la alimentación, existe una correlación con el incremento de enzimas digestivas de amilasa y lipasa, con el consecuente decremento de la proteasa en éstos mismos estadios (Fernández-Luna y colaboradores, 1997; Vega-Villasante y colaboradores, 2000).

Biología de la langosta de quelas roja *Cherax quadricarinatus*

Taxonomía

La langosta de agua dulce se incluye en la familia Parastacidae y su ubicación taxonómica se señala en la tabla 3.

Tabla 3. Ubicación taxonómica de *Cherax quadricarinatus* de acuerdo a Hobbs (1988).

Clase: Malacostraca

Orden Decapoda

Infraorden: Astacidae

Superfamilia: Astacoidea

Familia: Astacidae

Superfamilia: Parastacoidea

Familia: Parastacidae

Género: *Cherax*

Especie: *quadricarinatus* (von Martens, 1868)

Fuente: Arredondo y colaboradores, 1994.

Origen

La langosta en estudio es originaria del nordeste de Australia, estado de Queensland el cual se ubica en la parte del Golfo de Carpentaria y Cabo York, en las costas al oeste del Golfo de Darwin y en el sureste de Nueva Guinea (Fig. 4).

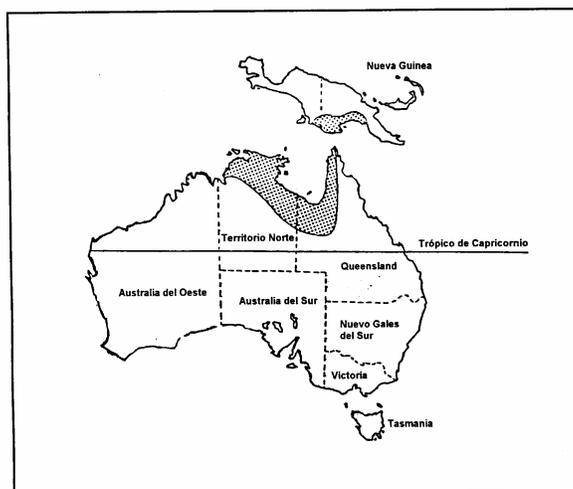


Figura 4. Distribución original de la langosta de quelas rojas, *Cherax quadricarinatus* en Australia.

Distribución

Debido al éxito en su cultivo la langosta de quelas rojas, se ha extendido a diversas partes del mundo como por ejemplo a China (en 1992), Israel, Estados Unidos (en 1989), Perú (1994) y México (en 1994) entre otros países (Xiao y Brett, 2001). De acuerdo a Holdrich y Lowery (1988), en el mundo existen alrededor de 1,200 géneros y 10,000 especies de crustáceos decápodos. Las tres principales especies de *Cherax*, *C. tenuimanus*, *C. destructor* y *C. quadricarinatus* son cultivadas en Australia, de acuerdo a sus características la última se considera con potencial acuícola y tecnológico, el cuál se ha desarrollado en localidades cálidas de Europa, África, Sureste de Asia y en el Sur de los Estados Unidos (citado en Arredondo y colaboradores, 1994).

Morfología

C. quadricarinatus está equipado de fuertes tenazas, muy parecido a las langostas y en su hábitat natural alcanza hasta 600 gramos de peso húmedo. Es de vivos colores, el macho presenta un lunar colorado en la tenaza de ahí que se le denomine “Redclaw” (tenaza roja o

quela roja). El cuerpo está dividido en cefalotórax, abdomen y telson, los principales órganos sensoriales son las antenas y anténulas que detectan el alimento (Fig. 5).



Figura 5. Aspecto general de una langosta de quelas rojas, *C. quadricarinatus*, vista ventral.

Aspectos reproductivos

Su ciclo de cultivo es aproximadamente de 7 a 8 meses y alcanzan en este periodo un peso promedio de 70 g, la edad de maduración sexual se presenta a los seis meses, el número de huevos producidos varía de 150 a 600 con una sobrevivencia del 50 al 94% en cultivo en estanques (Rouse, 1998). Por su parte y basándose en las experiencias con *Cherax* Rodríguez y colaboradores (citado en Villareal, 2002), mencionan que su primera madurez sexual la alcanzan cuando presentan un peso superior a los 25 gramos.

La fecundación es externa y los huevos fecundados permanecen adheridos a los pleópodos de la hembra, y de acuerdo a la temperatura del agua, el desarrollo embrionario tiene una duración de 4 a 6 semanas, antes de eclosionar, para después de una breve metamorfosis producir una cría o juvenil temprano (citado por varios autores en Villareal, 2002).

Requerimientos de calidad del agua

El tipo de agua que requiere, con respecto a los niveles de dureza es superior a 150 mg/l de CaCO_3 , un pH entre 7 a 8.5, su mejor crecimiento se reporta con intervalos de temperatura que oscilan de 24 a 32 °C teniendo límites letales por debajo de 10 °C y superiores a los 35 °C, el peso y sobrevivencia máxima se han observado a 28 °C. Los adultos pueden tolerar concentraciones de 0.5 mg/L de oxígeno disuelto por periodos breves, sin embargo, se considera como aceptable hasta 3 mg/L en fases experimentales, y para condiciones de cultivo no menor de 4 mg/L (Villareal, 2002).

En los sistemas acuáticos naturales los niveles de los compuestos nitrogenados dependen del proceso de nitrificación. Las bacterias nitrificantes del género *Nitrosomonas*, oxidan el amonio a nitrito y las del género *Nitrobacter* oxidan el nitrito a nitrato. Sin embargo, en condiciones de cultivo este proceso puede ser inhibido o alterado por diversos factores, como la reducción del oxígeno disuelto en el medio. En condiciones hipóxicas, el nitrito puede acumularse en el sistema debido a que las bacterias *Nitrobacter* son sensibles a condiciones bajas del oxígeno.

A los crustáceos se les denomina amoniotélicos, puesto que del 50 al 90% de los productos metabólicos nitrogenados son expulsados en forma de amonio. Este elemento es el principal producto de excreción como resultado del catabolismo de las proteínas, y la excreción se realiza a nivel del epitelio branquial por difusión pasiva del NH_3 y NH_4^+ llevándose a cabo el intercambio del ión amonio (NH_4^+) con el Na^+ ambiental y con protones H^+ . En los crustáceos, la acción tóxica del amoniaco altera los procesos

respiratorios como el balance iónico y osmótico, así como el crecimiento, la frecuencia de muda y en última instancia ocasiona la muerte.

Importancia

Desde la década pasada, ha despertado interés para cultivarse en climas tropicales, subtropicales y climas templados. Las experiencias de su cultivo en países como EUA e Israel han demostrado las ventajas que presentan tales como su adaptación a los diferentes climas, altas tasas de crecimiento, así como también su alto precio en el mercado como producto de consumo (Barki y colaboradores, 1997). Desde la década de los 70 Frost ya había descrito su potencial acuícola, destacando características como su rápido crecimiento, comportamiento no agresivo, capacidad de tolerar condiciones adversas del ambiente y los precios altos a que se cotizan en el mercado (citado en Anson y Rouse, 1996).

El caso de México

Se tiene registrado la introducción de la especie en cuerpos de agua del país en la década de los 90, y hoy en día existen lugares que se dedican a cultivarla, como las unidades acuícolas “El Jicarero”, “Higueron” y el “El compartidor” entre otras, todas ellas localizadas en el Estado de Morelos. El último se encuentra en el Municipio de Jojutla, la unidad cuenta con una superficie de 1.37 ha, a la fecha genera una producción anual de 2,292 kg de biomasa, el precio de venta al público oscila entre \$100 y \$150 de talla mediana, el cultivo del crustáceo se realiza desde el año de 1998 (comunicación personal del Sr. Rafael Abundez, socio de El Compartidor).

Sin embargo, para determinar el tipo de especies a cultivar o desarrollarse dentro de las actividades acuícolas, se circunscribe a las características climáticas de cada país, región o localidad. En México confluyen diversos climas debido a su posición geográfica, esto lo hace ser un sitio ideal para el establecimiento de especies de diferentes partes del mundo, siendo el caso la langosta de quejas rojas *Cherax quadricarinatus* de Queensland, Australia,

la cual fue introducida como ya se mencionó a inicios de los 90 por la Dirección General de Acuicultura de la Secretaría de Pesca (Villareal, 2002), la cual representa una perspectiva de desarrollo para los productores del sector acuícola debido a sus ventajas biológicas, puesto que se adapta a condiciones de cautiverio, su ciclo de desarrollo es corto, presenta estadios larvarios simples (Castillo y colaboradores, 2002) y tiene amplia capacidad de tolerar variaciones de parámetros ambientales, además de contemplar un alto potencial reproductivo (Villareal, 2002; Cortés y colaboradores, 2002).

Requerimientos nutricionales

Debido a que muchos crustáceos presentan requerimientos similares, es común el uso de dietas comerciales, sin embargo, la posibilidad de sostener niveles adecuados de crecimiento se ve afectado por la ausencia de dietas formuladas específicamente para especies con potencial de cultivo (Cortés y colaboradores, 2002).

La ausencia de estudios para determinar los requerimientos del género *Cherax*, se refleja en las formulaciones de dietas, que prácticamente se basan en la información disponible de otras especies acuáticas. En los inicios del cultivo de *C. quadricarinatus*, en casos extremos se adicionaba alimento suplementario de baja calidad con menos del 15% de proteína cruda aplicable solo para pollos, hoy en día algunos investigadores al experimentar dietas con una composición cercana al 40% o superior a él, reportan un incremento significativo en peso para una especie cercana el *C. tenuimanus* (Villareal, 2002).

Se ha evaluado la respuesta de juveniles de *C. quadricarinatus*, sometidos a dietas con diferentes niveles de inclusión y han encontrado que un 35% de proteína cruda es adecuada para maximizar el crecimiento (Cortés y colaboradores, 2002).

Diferentes observaciones fueron hechas en estudios realizados por Hernández (2001) y Villareal (2002), con juveniles de *C. quadricarinatus* cultivados en condiciones de laboratorio. Los resultados indican que sus requerimientos son cubiertos satisfactoriamente

con dietas con una inclusión de 30% de proteína; y 8% de lípidos. Los niveles de éste último componente se disminuyeron considerablemente hasta un 4% pero en condiciones de cultivo semi-intensivo. En el trabajo de Hernández (*op. cit.*) además se evaluó la sustitución de harina de pescado por la de soya con 30% de inclusión, concluyendo que de los niveles experimentados con este nivel sí hubo una respuesta favorable en el crecimiento de los organismos.

En los crustáceos la generación de músculo, el crecimiento y la reproducción se relacionan con el consumo de proteína, básico para desempeñar estas funciones. Los estudios relacionados con los requerimientos de proteína y lípidos en *C. quadricarinatus* varia considerablemente desde 20.5 hasta 30% (Hernández, 2001) y 4 a 12% (D'Ambro y Lovell, 1991; Hernández, 2001) respectivamente. De acuerdo con Webster y colaboradores (1994), se elaboraron dietas para juveniles con niveles de proteína de 25 hasta 55% encontrándose que la dieta que contenía 33% arrojaba mejores resultados en ganancia de masa muscular (citado en Anson y Rouse, 1996).

En los ensayos de nutrición, la duración de la evaluación experimental es significativa y conlleva análisis complementarios que demandan tiempo y pueden resultar costosos, por ello, es conveniente disponer de bioindicadores capaces de proporcionar una respuesta rápida del estado nutricional de los animales estudiados (Villareal, 2002).

ANTECEDENTES

Han sido diversas las investigaciones llevadas a cabo, para sustituir la harina de pescado por fuentes alternativas de proteína, con el objeto de disminuir los costos del alimento balanceado. Entre los insumos utilizados se tiene desde la leche o trigo en polvo, hasta las harinas elaboradas a base de plumas, carne, krill o alga. Desafortunadamente, la mayoría de estos materiales son escasos o tan caros como la misma harina de pescado (Viola y colaboradores, 1982). No obstante, de acuerdo a varios autores el empleo de subproductos derivados de las aves o de las actividades pesqueras (Mendoza, 1993; Viana y colaboradores, 1994; Coyle y colaboradores, 1996), así como el empleo de fuentes de origen vegetal como la soya, cereales y alfalfa (Olvera-Novoa y colaboradores, 1990, 1997 y 1998; Elangovan y Shim, 2000), han dado buenos resultados, dado que estos materiales son de fácil adquisición y de costo accesible, y han funcionado como sustitutos de las proteínas derivadas de la harina de pescado principalmente en el cultivo de peces y crustáceos, además, de que algunos de estos insumos presentan propiedades de quimioatrayentes.

En este sentido, aún cuando las investigaciones acerca del uso de atrayentes datan de hace más de 20 años, la ausencia de información es notable, en particular en los crustáceos decápodos de agua dulce (Harpaz, 1990). Algunas investigaciones han demostrado que los quimioestimulantes, aplicados en alimentos balanceados en algunos crustáceos decápodos cultivados, han disparado comportamientos similares a los que provoca el alimento balanceado.

Un intento por abordar este tema en los crustáceos decápodos, fue realizado por Mackie y Shelton (1972), quienes incluyeron extracto de calamar en el alimento suministrado a la langosta, *Homarus gammarus*, con el objeto de evaluar sus características como atrayente. Los resultados mostraron que una mezcla sintética de aminoácidos, bases, nucleótidos y ácidos orgánicos resultó tener mayor estimulación de ingesta que los componentes incluidos por separado, manifestándose en una mayor ganancia de peso.

Por otra parte Coyle y colaboradores (1996), evaluaron cinco dietas en juveniles del langostino gigante de Malasia, *Macrobrachium rosenbergii*. La primera dieta fue formulada con granos destilados y en las otras cuatro se utilizaron diversos organismos como gasterópodos, zooplancton y oligoquetos, además de una dieta en forma de pelet que funcionó como control. Los resultados demostraron que dos de los alimentos vivos (gasterópodos y zooplancton) sobrepasaron en ganancia de peso al grupo control. En cambio, se observó que los granos suministrados como alimento en una de las dietas, fueron consumidos rápidamente y el peso ganado de los organismos se mantuvo cercano al de los demás.

En otro estudio con la langosta americana, *Homarus americanus*, se intentó substituir la harina de pescado con varios niveles de inclusión de harina de soya utilizando 25, 50, 75, 87.5 y 100%. Los resultados demostraron que los juveniles pudieron utilizar dietas hasta con un 50% de inclusión de harina de soya, siempre y cuando se acompañara con un suplemento de aminoácidos, bajo el supuesto de la ausencia de la lisina y metionina que presenta la harina de soya (Floreto y colaboradores, 2000).

Hoy en día, la utilización del ensilado permite aprovechar los desperdicios generados por la actividad pesquera, dada las ventajas que representa la bioconversión del subproducto al obtener un material líquido de uno sólido en tan solo tres días, al disminuir el pH y activar las proteasas obteniendo proteínas predigeridas, mejorando con ello la productividad en la industria pesquera (Shirai y colaboradores, 2001; Cira y colaboradores, 2002; Plascencia-Jatomea y colaboradores, 2002). Al respecto, Sharif y colaboradores (2000), demostraron la eficiencia del ensilado fermentado de pescado, suministrado al langostino Gigante de Malasia, *Macrobrachium rosenbergii*, al evaluar algunos bioindicadores como el peso ganado expresado en porcentaje, la tasa específica de crecimiento y la sobrevivencia. Los resultados mostraron un bajo rendimientos con la harina de pescado y el ensilado vía ácido, así también, se detectó la influencia del fermentado para estimular la actividad proteolítica en el mismo ensilado.

Respecto a la langosta de quelas roja, *C. quadricarinatus*, los estudios sobre atrayentes son nulos. No obstante, se reportan algunos trabajos que contribuyen al conocimiento de esta especie en cuanto a su nutrición y fisiología que contribuyen a obtener mejor rendimiento en su cultivo. En este sentido, ha existido el interés en disminuir el canibalismo y la mortalidad, evaluar la ganancia de peso y la sobrevivencia en condiciones de cultivo controladas, basándose en dietas formuladas variando los niveles de inclusión de proteína. Los diversos trabajos reportan como óptimo una inclusión de proteína que fluctúa desde 30 hasta el 35% (Meade y Watts, 1995; Jones, 1995; Ponce-Palafox y colaboradores, 1999; Villareal, 2002).

En juveniles de langosta de quelas rojas, *C. quadricarinatus*, Loya-Javellana y colaboradores (1993), describieron la evacuación del alimento ingerido contra el tamaño y frecuencia de alimentación, por medio de un modelo lineal aplicado para el monitoreo de la alimentación diaria y el de arco seno para los organismos alimentados cada dos días, arrojando información que indica la capacidad que presenta la langosta de quelas rojas, para regular los procesos digestivos de acuerdo a la disponibilidad del alimento.

Otro tema en donde se ha incursionado ampliamente es en los atrayentes y la sustitución de la harina de pescado por fuentes alternativas de proteínas. En Noruega, en el periodo de 1981/1982 Torrisen y colaboradores, diseñaron un experimento sobre la base de dietas para obtener una mejor coloración en peces de trucha arco iris *Salmo gairdneri* (*Oncorhynchus mykiss*) con ensilados derivados de la cabeza y exoesqueleto de camarón, los cuales fueron usados como fuente de pigmento. Con la finalidad de producir un ensilado estable de pH 4 se les adicionó 4.8% (v/w) de 50% (v/v) de ácido sulfúrico preparado, 1.2% (v/w) de ácido propiónico y 100 mg/kg de butilhidroxitolueno, el cual se almacenó durante 14 días a 4°C antes de congelarse y posteriormente suministrarse como alimento. Elaboraron tres dietas isolipídicas e isoproteicas, consistiendo la primera del ensilado con desperdicio, la segunda con harina y la última con el desperdicio en fresco. Los resultados demostraron que no hubo diferencias significativas entre sí en cuanto a crecimiento y a la tasa de conversión alimenticia, la mortalidad fue de 2% en los tres casos. Sin embargo, la tasa de acumulación

del pigmento astaxantina fue mayor en el primer grupo de peces, demostrando que la acción del ensilado favorece la digestión del alimento.

En el mismo tiempo pero con la carpa de Israel, *Cyprinus carpio*, Viola y colaboradores (1981/1982), probaron reemplazar parcial o totalmente la harina de pescado (40 y 80%) por la harina de soya, acondicionadas en jaulas flotantes en el Lago de Tiberias con un peso promedio de 300 g, se alimentaron dos veces al día de acuerdo al 3% de su peso corporal. En los resultados obtenidos, lo primero que se observó fueron las deficiencias de aminoácidos como la lisina y la metionina. Sin embargo, la adición de fuentes grasas y aminoácidos de la harina de soya tuvo el mismo efecto sobre el crecimiento de los peces que la harina de pescado puesto que no presentaron diferencias significativas de peso promedio ganado, con la primera se observó 575 y 557 g con la harina de pescado.

Los estudios en relación con la sustitución total o parcial de harina de pescado en las dietas por una fuente alternativa de proteína, han sido realizados principalmente en peces Teleósteos, sin embargo, se reporta que los altos niveles de sustitución con proteínas de origen vegetal pueden provocar decremento en el crecimiento debido al rechazo que está relacionado con la palatabilidad (Reigh y Ellis, 1992; Gomes y colaboradores, 1995).

El uso de harinas de soya en combinación con harinas obtenidas partir de sangre, maíz molido y carne seca congelada demostró poder sustituir alrededor del 45% de harina de pescado en las dietas de los juveniles del lenguado japonés, *Paralichthys olivaceus* (Kikuchi, 1999). El resultado anterior, es similar al reportado con la harina de pescado al practicar su reemplazo en las dietas para peces de *Hippoglossus hippoglossus*, por el concentrado de harina de soya complementado con metionina (45%), sin afectar el crecimiento o la eficiencia alimenticia (Berge y colaboradores, 1999).

Gallagher (1994), evaluó la harina de soya complementada con metionina, como sustituto de la proteína de origen animal con diferentes niveles de inclusión 25, 50 y 75% para el robalo, *Morone saxatilis*. Sorprendentemente los resultados indicaron que hasta un 75% de

inclusión en harina de pescado en las dietas, puede ser reemplazado con proteína proveniente de la harina de soya.

La atención sobre la actividad camaronera y la industria del marisco, responde a la necesidad de canalizar toneladas de desperdicio generadas en mar abierto o en los lugares cercanos en tierra donde estos productos son procesados. Este tipo de subproductos generalmente representa más del 70% del peso original del camarón, con el cual se causa un problema al depositarse en espacios al aire libre provocando contaminación (Bataille y Pierre, 1983).

Uno de los grupos seleccionados para evaluar las respuestas con respecto a los atrayentes han sido los alevines del lenguado, *Solea vulgaris*. En esta especie se han detectado ventajas, puesto que por su tamaño aún no son autosuficientes para atrapar a su presa en condiciones de cautiverio, sin embargo, cuando se suministran dietas balanceadas y enriquecidas con sustancias como quimioatrayentes, este tipo de alimento cubre su necesidad alimenticia y se reflejan los beneficios en un adecuado crecimiento, alta sobrevivencia y eficiencia en la tasa de conversión alimenticia (Métallier y colaboradores, 1983).

Diversas investigaciones reportan la efectividad de la cabeza de camarón como atrayente en dietas elaboradas para peces, al obtenerse un hidrolizado con alto contenido proteico por medio del proceso del ensilado. Al respecto, Plascencia-Jatomea y colaboradores (2002), reportan la aceptación de dicho hidrolizado al aplicarlo en dietas para juveniles de Tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, dándose una respuesta positiva en su crecimiento.

A continuación se resume los diferentes estudios realizados básicamente con atrayentes y las especies a las que se aplicaron, así como los autores junto con las dosis aplicadas (Tabla 4).

Tabla 4. Estudios con atrayentes en diferentes especies acuáticas.

Autor	Año	Especie/Talla	Atrayente	Dosis/duración
Mackie y Shelton	1972	Langosta (<i>Homarus gammarus</i>)(80 a 90 mm).	Aminoácidos, bases, nucleótidos y ácidos orgánicos.	ND
Johnson y Jell	1986	Camarón (<i>Leander tenuicornis</i>) (2.7 a 7.6 mm)	Mezcla de 15 compuestos, Betaina y Taurina entre otros	Mezcla 15 compuestos cada uno. Molaridad total de mezcla 1.5×10^{-1} M.
Harpaz y Steiner	1990	Langostino (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) (10 \pm 2 g y de 32 a 36 mm)	Betaina-HCL.	10^{-3} M v/v a 1.0 M en 2 ml en el acuario.
Harpaz	1997	Langostino (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) con 0.1 g	Betaina-HCL	6 ml a una concentración de 10^{-3} M.
Sola y Tongiorgi	1998	Anguila espejo (<i>Anguilla anguilla</i>).	D-glutamina, asparagina, ácido glutámico, alanina y β -alanina.	10^{-7} y 10^{-9} M.
Collins	1975	Estrella de mar (<i>Acanthaster planci</i>)	D-Prolina y L-Prolina.	10^{-3} a 10^{-1} M.
Teruya y col.	2001	Estrella de mar (<i>Acanthaster planci</i>).	Acido araquidónico, betaina y otros.	Betaina (0.8 mg=7 μ mol) A.A (2mg=7 μ mol) por cápsula.
Cancellieri y col.	2001	Dinoflagelados (<i>Pfiesteria piscicida</i> y <i>P. shumwayae</i>).	Solución estándar de aminoácidos (mezcla de 12 a.a).	2.5 nM c/u de a.a disueltos, de 25 μ M a 2.5 nM
Tandler y col.	1982	Pez Dorado (<i>Sparus aurata</i> L.).	Extractos químicos de huevos y adultos de Artemia.	5, 10 y 20 g por kg de dieta seca.
Metailler y col.	1983	Pez plano (<i>Solea vulgaris</i>).	Mezcla de betaina, glicina, L-alanina y L-arginina.	1.5, 2.9 y 6.9%.
Jones	1990	Trucha arco-iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).	Extracto de camarón (amino ácidos).	De 0.005-50 g x L y de 10^{-3} a 10.
Steele y col	1991	Pez cebra (<i>Brachydanio rerio</i>).	Alanina	Concentraciones de 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} M.
Harada, et al.	1996	Abulón negro (<i>Haliotis discus</i>).	P cymene, β -Elemene, α -Terpineol entre otros	0.001, 0.005 y 0.01 %
Días y col.	1997	Lobina (<i>Dicentrarchus labrax</i>).	Mezcla de Taurina, ácido L-aspártico y ácido L-glutámico.	2.5%
Oikawa y March.	1997	Trucha arco-iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Rociado de Líquido hidrolizado.	10 y 2 %

En la Tabla 5, se presentan los requerimientos en porcentaje de los aminoácidos esenciales en algunos crustáceos.

Tabla 5. Composición de aminoácidos como % de proteína para langosta juvenil, camarón cola fuerte, alimentos comerciales para camarón comercial en general, alimentos comerciales para *Litopenaeus vannamei*.

Aminoácido	Langosta ¹ juvenil	Camarón cola fuerte ²	Akiyama ³ (1991)	Lawrence ⁴
Arginina	6.8	7.5	5.8	5.6
Histidina	2.1	1.9	2.1	2.2
Isoleucina	3.8	3.6	3.4	3.6
Leucina	6.4	6.5	5.4	5.8
Lisina	4.0	6.4	5.3	5.2
Metionina	2.8	2.6	2.4	2.6
Metionina	3.7	3.3	3.6	3.9
+ Cisteína				
Fenilalanina	3.9	3.6	4.0	4.2
Fenilalanina	7.3	-	7.1	7.3
+ Tirosina				
Treonina	3.8	3.4	3.6	3.6
Triptófano	2.3	1.1	0.8	1.0
Valina	4.6	3.8	4.0	4.1

Boghen y Castell (1981), Lim (1993) y Akiyama (1991) recomendaciones para alimentos comerciales para camarón marino en general, recomendaciones hechas en este artículo para alimentos comerciales para *Litopenaeus vannamei*. Fuente: Lee (2003).

Los problemas en la calidad de los alimentos acuícolas, debido a complicaciones existentes en el momento de su formulación son producto del desconocimiento del nutriologo, tanto los requerimientos nutricionales como de las restricciones mínimas y máximas que tiene cada nutrimento (Tabla 6).

Tabla 6. Restricciones nutricionales para la formulación de alimentos balanceados para camarón en sistemas de cultivos.

Nutrimento (%)	Mínimo	Máximo
Proteína	30	-
Grasa	6	-
Fibra	-	4
Metionina	0.72	-
Arginina	1.59	-
Lisina	1.59	-
Calcio	-	2.30
Fósforo disponible	0.60	-
Ca:P	-	1.5:1

HIPÓTESIS

H₀: Ninguna de las dietas elaboradas con inclusiones del hidrolizado del 0.5 al 15% y con niveles de sustitución del 30% de harina de soya, satisface los requerimientos nutricionales de los juveniles de langosta de quelas rojas, *C. quadricarinatus*.

H_a: Al menos, alguna de las dietas elaboradas con inclusiones del hidrolizado del 0.5 al 15% y con niveles de sustitución del 30% de harina de soya, satisface los requerimientos nutricionales de los juveniles de langosta de quelas rojas, *C. quadricarinatus*.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la aceptación de una dieta a base de harina de pescado en juveniles de la langosta de quejas roja, *Cherax quadricarinatus*, con niveles de sustitución del 30% de harina de soya y suplementada con distintas proporciones de hidrolizado proteico como atrayente, obtenido a partir de cabezas de camarón.

Objetivos particulares

- a) Determinar las concentraciones adecuadas del hidrolizado proteico de desecho de cabeza de camarón para mejorar la aceptación de las dietas balanceadas.

- b) Evaluar los bioindicadores de crecimiento y eficiencia alimentaria en juveniles de la langosta de quejas rojas, por el efecto de la sustitución del 30% de la harina de pescado por la harina de soya, con distintas concentraciones de hidrolizado proteico comparado con una dieta control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sistema cerrado de recirculación

Para realizar el presente experimento, se utilizó un sistema cerrado de recirculación de agua, instalado en el cuarto húmedo de la Planta Experimental de Producción Acuícola, en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa (Fig. 6). El sistema consta de 20 cubetas de plástico con una capacidad de 20 litros cada una. Cada cubeta tiene un desagüe central y un efluente conectado a dos estanques de sedimentación, ambos con filtros biológicos formados de camas de carbón activado y esponja para retener las impurezas circulantes, uno de ellos contiene una bomba sumergible marca Little Giant de 1/40 hp para redistribuir el agua circulante, así como seis calentadores Vishiterm de 100 a 200 Watts para mantener la temperatura del agua a 28 ± 1 °C. Cada cubeta recibió el agua de manera uniforme con la finalidad de mantener los niveles adecuados de oxígeno disuelto, se aseguró que en cada una de las cubetas se mantuvieran en promedio un flujo constante de 1 L/min. En cada cubeta se colocaron cuatro cámaras de plástico con mallas en las partes laterales para permitir la libre circulación del agua (Fig. 6). La capacidad de cada cámara fue de 250 ml y en ella se colocó un juvenil de langosta de quelas rojas. El sistema se mantuvo en condiciones de fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas obscuridad.



Figura 6. Sistema cerrado de recirculación de agua y cámaras utilizadas en los bioensayos.

Análisis de la calidad del agua

A lo largo del experimento se midieron diariamente la temperatura del agua y el oxígeno disuelto con un Oxímetro YSI modelo 57 con una precisión de 1 °C y 0.1 mg/L. Semanalmente, se registraron el pH, con un potenciómetro Beckman, con una precisión de 0.001 unidades y la dureza total, la alcalinidad y el nitrógeno amoniacal total (NAT) con un equipo analizador portátil Hach modelo 2000/DR.

Obtención y mantenimiento de los juveniles

Para el primer experimento, se seleccionó una hembra ovada de la cual se obtuvieron 60 juveniles que se llevaron a un peso promedio de 0.5 g (Fig. 7). Para el segundo experimento, también se seleccionó una hembra y se obtuvieron 60 juveniles de 14 días de nacidos, con un peso promedio de 0.08 g. Ambas hembras fueron obtenidas del Sistema de Producción de Juveniles. En ambos experimentos, los juveniles se distribuyeron al azar en las 15 diferentes unidades experimentales.



Figura 7. Juveniles de langosta de quelas rojas, *C. quadricarinatus* utilizados para los bioensayos.

El periodo de aclimatación de los organismos al sistema de ambos experimentos, tuvo una duración de quince días. Cinco días antes de iniciar el experimento se les proporcionó el alimento de las dietas experimentales para lograr que se adaptaran a ellas tal como lo señalan Lee y Lawrence (1997, citado en Orellana, 2000). Previo al inicio de la fase experimental se les dejó en ayuno por 24 horas con la finalidad de vaciar el tracto digestivo y comenzar con un contenido estomacal en tiempo cero.

Obtención del hidrolizado a partir de cabeza de camarón

El hidrolizado de cabezas de camarón fue elaborado en el laboratorio de Biopolímeros del Departamento de Biotecnología, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Para esto se adquirieron los desechos de cabezas de camarón, en el Mercado la Nueva Viga de la Ciudad de México provenientes del Golfo de México y Océano Pacífico, los cuales fueron molidos y mezclados con azúcar de caña refinada y 5% (v/p) de inóculo de bacterias del género *Lactobacillus spp.* Los desechos fueron transferidos a un reactor de columna el cual fue colocado en un cuarto con temperatura de 30 °C, siguiendo la técnica descrita por Plascencia-Jatomea y colaboradores, (2002); Cira y colaboradores, (2002).

Formulación de dietas

Primer experimento

En el primer experimento, se formularon cinco dietas conteniendo como insumos principales proteína de harina de pescado y pasta de soya en una proporción de 70/30, agregando hidrolizado de cabeza de camarón en una proporción de 0, 0.5, 1, 2 y 2.5% en substitución de la harina de pescado (Tabla 7).

Análisis químico proximal de las dietas

Una vez obtenido el alimento correspondiente a cada una de las dietas, se pulverizaron aproximadamente 100 g de cada una de ellas en un mortero y se pasaron por un tamiz de 300 μm , se empacaron en bolsas de plástico y se llevaron al Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para realizar los análisis químicos proximales de las dietas. Los resultados de ambas muestras se indican en las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Composición de las cinco dietas (% de materia seca) utilizadas en el primer experimento.

Ingredientes/Dietas	C	D0.5	D1	D2	D2.5
Harina de pescado ¹	32.49	32.26	32.02	31.56	31.33
Pasta de soya ²	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
Hidrolizado ³	0.0	0.5	1.0	2.0	2.5
Aceite de pescado	3.02	3.04	3.06	3.09	3.11
Aceite maíz	6	5.95	5.91	5.82	5.77
Almidón	22.08	21.82	21.56	21.04	20.78
Alfa celulosa	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75
Premezcla de vitaminas ⁴	1	1	1	1	1
Premezcla de minerales ⁵	1	1	1	1	1
Carboximetil celulosa	3	3	3	3	3
Total	100	100	100	100	100

QUIMICO PROXIMAL

Dietas/Componentes	C	D0.5	D1	D2	D2.5
Humedad	4.22	2.95	2.26	2.68	2.68
Proteína cruda (g)	31.1	33.7	32.6	32.0	31.0
Extracto etéreo (g)	12.1	9.5	12.5	12.1	12.1
Cenizas cruda (g)	7.4	7.7	7.7	7.5	9.1
Fibra cruda (g)	8.7	7.7	7.2	8.8	9.2
E.L.N ^a	36.4	38.5	37.8	36.9	35.9
Energía bruta ^b	1,838.	1,832.8	1,913.3	1,867.8	1,827.0
Energía digerible ^b	1,567.	1,564.5	1,632.2	1,593.0	1,558.7

^aExtracto libre de nitrógeno; ^bCalculado.

¹ Harina de pescado: proteína 64.64%; lípidos 7.88%; cenizas 12.53%; humedad 5.90% y fibra 0.05%

² Pasta de soya: proteína 43.55%; lípidos 2.03%; cenizas 6.12%; humedad 6.54% y fibra 2.38%.

³ Hidrolizado de cabeza de camarón: proteína 28.87%, lípidos 8.82%; cenizas 5.74%; humedad 5.86% y fibra 2.38%. ⁴ g/kg de dieta: Roche Chemistry Inc. Sulfato de Magnesio 5.1; Cloruro de Sodio 2.4; Cloruro de Potasio 2; Sulfato Ferroso 1; Sulfato de Zinc 0.2; Sulfato cúprico 0.0314; sulfato manganoso 0.1015 ; Sulfato de cobalto 0.0191; Yodato de calcio 0.0118; Cloruro de cromo 0.051 (Tacon, 1987)

⁵ mg/kg de dieta: Roche Chemistry Inc. Tiamina 60; Rivoflavina 25; Niacina 40; Vitamina B6 50; Ácido Pantoténico 75; Biotina 1; Folato 10; Vitamina B12 0.2; Colina 600; Myoinositol 400; Vitamina C 200; Vitamina A 5000 UI; Vitamina E 100; Vitamina D 0.1; Vitamina K 5 (Conklin, 1996).

Segundo experimento

Se manejaron también cinco dietas. Una dieta control con el 100% de harina de pescado y cuatro testigos con inclusiones de 70% de harina de pescado y 30% de pasta de soya adicionando hidrolizado de cabeza de camarón en una proporción de 2.5, 5.0, 10 y 15% respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Composición de las cinco dietas (% de materia seca) utilizadas en el segundo experimento.

Ingredientes/dietas	C	D2.5	D5.0	D10	D15
Harina de pescado ¹	46.4	31.4	29.0	24.4	17.4
Pasta de soya ²	0	20.6	20.6	20.6	20.6
Hidrolizado de cabeza de camarón ³	0	2.60	5.2	10.4	15.6
Aceite de pescado	2.3	3.10	3.3	3.7	4.3
Aceite de maíz	6.0	5.80	5.5	5.1	4.6
Almidón	29.5	20.8	20.5	20.1	21.8
Premezcla de minerales ⁴	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Premezcla de vitaminas ⁵	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Carboximetilcelulosa	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Alfa celulosa	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
Total	100	100	100	100	100

QUÍMICO PROXIMAL

Dietas/Componentes	C	D2.5	D5	D10	D15
Humedad	13.6	2.8	3.8	4.8	11.0
Proteína cruda (g)	31.0	34.9	34.1	35.1	26.7
Extracto etéreo (g)	11.0	12.5	12.3	11.7	11.3
Cenizas cruda (g)	8.9	7.3	7.5	7.9	7.9
Fibra cruda (g)	7.9	8.5	9.0	9.7	8.7
E.L.N ^a	27.6	34.1	33.2	30.8	34.4
Energía bruta kJ ^b	1,640.0	1,904.1	1,861.7	1,820.5	1,667.9
Energía digerible kJ ^b	1,407.0	1,630.0	1,594.0	1,562.0	1,419.0

^aExtracto libre de nitrógeno; ^bCalculado.

¹ Harina de pescado: proteína 64.64%; lípidos 7.88%; cenizas 12.53%; humedad 5.90% y fibra 0.05%

² Pasta de soya: proteína 43.55%; lípidos 2.03%; cenizas 6.12%; humedad 6.54% y fibra 2.38%.

³ Hidrolizado de cabeza de camarón: proteína 28.87%, lípidos 8.82%; cenizas 5.74%; humedad 5.86% y fibra 2.38%.

⁴ g/kg de dieta: Roche Chemistry Inc. Sulfato de Magnesio 5.1; Cloruro de Sodio 2.4; Cloruro de Potasio 2; Sulfato Ferroso 1; Sulfato de Zinc 0.2; Sulfato cúprico 0.0314; sulfato manganoso 0.1015 ; Sulfato de cobalto 0.0191; Yodato de calcio 0.0118; Cloruro de cromo 0.051 (Tacon, 1987)

⁵ mg/kg de dieta: Roche Chemistry Inc. Tiamina 60; Ribo flavina 25; Niacina 40; Vitamina B6 50; Ácido Pantoténico 75; Biotina 1; Folato 10; Vitamina B12 0.2; Colina 600; Myoinositol 400; Vitamina C 200; Vitamina A 5000 UI; Vitamina E 100; Vitamina D 0.1; Vitamina K 5 (Conklin, 1996).

Elaboración de las dietas

Los ingredientes fueron mezclados manualmente de menor a mayor porcentaje de nivel requerido en las dietas, en una mezcladora casera tipo Kitchen (USA), con la finalidad de lograr una mejor homogeneización de los ingredientes, en el caso de los aceites se agregaron al final. Una vez obtenida la mezcla se adicionó agua con almidón previamente gelatinizado, la cantidad varió de manera descendente (desde la dieta testigo a la dieta con mayor contenido de hidrolizado). Para formar el pelet, la pasta obtenida se pasó varias veces en un molino para carnes (Fig. 8). Los pelets obtenidos de 3 mm de diámetro se secaron en una estufa a 60°C por 24 horas, posteriormente se almacenaron en bolsas de plástico etiquetadas para finalmente refrigerarse a -20 °C. Cada semana se extraía el porcentaje de alimento requerido para suministrarse a los juveniles. El contenido de energía bruta expresada en kilojoules, se calculó aplicando los valores siguientes: para la proteína cruda 23.6, para el extracto etéreo 39.5 y para los carbohidratos (se consideró el ELN) 17.2 (NRC, 1993). Para el cálculo de la energía digerible, se utilizaron los coeficientes siguientes: para la proteína cruda 0.90, para el extracto etéreo 0.85 y para los carbohidratos como ELN 0.80 (Moreau y colaboradores, 2003).



Figura 8. Obtención de los “pelets”.

Biometrías y suministro de alimento

Al inicio del experimento, los juveniles fueron pesados en una Balanza Analítica marca Ohm (con una precisión de 0.0001 g). Se calculó el peso promedio de los juveniles en cada una de las cubetas experimental y de sus réplicas. La porción del alimento suministrado fue del 6% de la biomasa de los juveniles y se aplicó diariamente de acuerdo con el criterio de Hernández, (2001). En el primer experimento se adecuó la ración del alimento cada quince días, cuando se llevaron a cabo las biometrías de los juveniles y en el segundo experimento las mediciones y la adecuación del alimento se realizaron cada ocho días.

Colecta de alimento remanente y de la muda

La colecta del alimento remanente se llevó a cabo diariamente. Antes de proporcionarles el alimento, se retiró el alimento sobrante con sifones especialmente diseñados de acuerdo al tamaño de las partículas colectadas. Se colocaron contenedores de plástico de 200 ml de capacidad los cuales fueron ubicados en la parte de inferior de la salida en cada una de las cubetas experimentales, que recibían los desechos en mallas de Nylon de 300 μ . Las mudas

se retiraron y se pesaron. Todo el material colectado se almacenó a -80°C , para posteriores análisis.

Determinación de proteína circulante en el sistema de cultivo

Con la finalidad de detectar la presencia del atrayente de origen proteico en el sistema de recirculación cerrada y descartar la posible interferencia en la evaluación de los organismos con las distintas dietas en las unidades experimentales, se determinó la concentración de proteína en las diferentes unidades experimentales por triplicado, mediante el método de Lowry-Peterson (Peterson, 1977), empleando seroalbúmina bovina (SIGMA, USA) como proteína estándar, en intervalo de concentración de 0 a 200 mg/ml se realizó la lectura a una longitud de onda de 750 nm en un espectofotómetro marca Beckman modelo DU[®] 650 (Fullerton, USA).

Evaluación de parámetros de crecimiento

Para determinar el efecto de las dietas en los juveniles de la langosta, *Cherax quadricarinatus*, se obtuvieron gráficos de crecimiento. En ambos bioensayos se aplicaron los siguientes bioindicadores propuestos por Utne (1979), New (1987), Herpher (1988) y Hopkins (1992) (citados en Hernández, 2001) : sobrevivencia (%), peso ganado (%), peso ganado individual (mg/día), tasa específica de crecimiento (%/día), alimento consumido individual (mg/día), tasa de conversión alimenticia y la tasa de eficiencia proteica (Tabla 11).

Tabla 11. Parámetros de crecimiento y eficiencia nutricional evaluados en el presente trabajo.

Parámetro	Expresión	Variables	Observaciones
Sobrevivencia	$S = 100 (N_f / N_i)$	N_i = Número inicial N_f = Número final	
Peso Ganado	$PG = 100 [(P_f - P_i) / P_i]$	P_i = Peso inicial P_f = Peso final	Estima la ganancia de peso en % en tiempo.
Peso Ganado Individual	$PGI = 1000 [(\Sigma PGI \text{ semana})/T]$	T = Tiempo en días	Indica la ganancia diaria de peso.

Tasa específica de Crecimiento	$TEC = 100 [(\log_e P_f - \log_e P_i) / T]$		Estima la velocidad de crecimiento en peso.
Alimento Consumido Individual	$ACI = 1000 [(\Sigma ACI \text{ semana})/T]$		Estima consumo individual de alimento.
Tasa de Conversión Alimenticia	$TCA = ACI/PGI$	$ACI = \text{peso seco}$ $PGI = \text{peso húmedo}$	Alimento usado. p/producir 1 unidad de peso en organismo.
Tasa de Eficiencia Proteica	$TEP = PGI/Pc$	$Pc = \text{Proteína consumida}$	Indice de peso ganado por unidad de proteína consumida.

Fuente: Hernández, 2001.

Análisis estadísticos

Los resultados de incremento en peso, sobrevivencia, alimento consumido individual, las tasas específicas de crecimiento, de conversión alimenticia y de eficiencia proteica se compararon estadísticamente entre las diferentes dietas. Se realizaron pruebas de homocedasticidad de Levene y la prueba de rangos múltiples de las medias con una prueba de Tukey. Cuando no presentaron homocedasticidad, se recurrió a la aplicación de una prueba no paramétrica de análisis de varianza de Kruskal-Wallis, obteniéndose las diferencias significativas de cada uno de los bioindicadores. Los análisis del primer y segundo experimento fueron realizados mediante el programa SPSS 6.1 para Windows de manera individual.

Para detectar las diferencias en tiempos (semanal o quincenal) entre las distintas dietas del primero y segundo experimento, se ingresaron los datos en el programa Statistica versión 6.0 y se hicieron pruebas de ANOVA/MANOVA, así como diagramas de cajas en paralelo de los siguientes bioindicadores: alimento consumido en mg, tasa específica de crecimiento, tasa de conversión alimenticia y tasa de eficiencia proteica. Para determinar si presentaban diferencias significativas entre el número de mudas en ambos experimentos, se aplicó una prueba de bondad de ajuste usando la distribución de ji-cuadrada, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ (Marques de Cantú, 1991).

RESULTADOS

Primer experimento

Calidad del agua

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos registrados durante este experimento se presentan en la tabla 12. Los valores promedio se mantuvieron dentro de los requerimientos de calidad del agua para la especie y fueron los siguientes: la temperatura del agua se mantuvo en promedio en 27.4 ± 0.59 °C; el oxígeno disuelto en 5 ± 0.31 mg/L, y el pH fue estable con un carácter alcalino de 9.21 ± 0.10 . El Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) y el amoniaco (NH_3) presentaron valores promedio de 0.20 ± 0.09 y 0.10 ± 0.04 mg/L respectivamente y la dureza total fue en promedio de 286 ± 77 mg/L.

Tabla 12. Resultados de los parámetros fisicoquímicos registrados en el sistema cerrado de recirculación de agua, durante el primer experimento.

	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	pH	NAT (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	Dureza (mg/L)
N	346	346	423	423	198	12
Media	27.4	5.0	9.21	0.20	0.10	286
Desviación estándar	0.59	0.31	0.10	0.09	0.04	77
Valor mínimo	26.2	3.52	8.93	0.04	0.02	215
Valor máximo	29	5.7	9.3	0.54	0.28	451
Coficiente de variación	2.16	6.30	1.14	45.6	45.6	26.9
Valor óptimo*	24 a 32	3 a 5	6.5 a 9	< 0.5	< 0.5	> 50

N = tamaño de muestra; NAT = Nitrógeno Amoniacal Total; NH₃ = amoniaco.

La dureza esta expresada en mg/L de CaCO₃.

*Valores recomendados por Jones y Burke, (1990); Jones (1990); Arredondo *et al.*, (1994); Villareal, (2002).

Curvas de crecimiento

Al estimar las curvas de crecimiento de los juveniles de langosta de quelas rojas, en este primer experimento, desde inicio del experimento hasta el día 30 no se observó ningún efecto sobre las dietas, en cambio a partir del día 45 comenzaron a detectarse diferencias con respecto al peso. A partir del día 60 se presentó un claro contraste en las tasas de crecimiento, las cuales se incrementaron a través del tiempo, sobresaliendo principalmente

la dieta D2.5 con casi 2 g de ganancia de peso y la dieta menos favorecida fue la D1.0 con alrededor de 1.2 g. Los valores promedios correspondientes a las dietas DC, D0.5 y D2.0 fueron intermedios con un peso de 1.6 a 1.7 g respectivamente (Fig. 9).

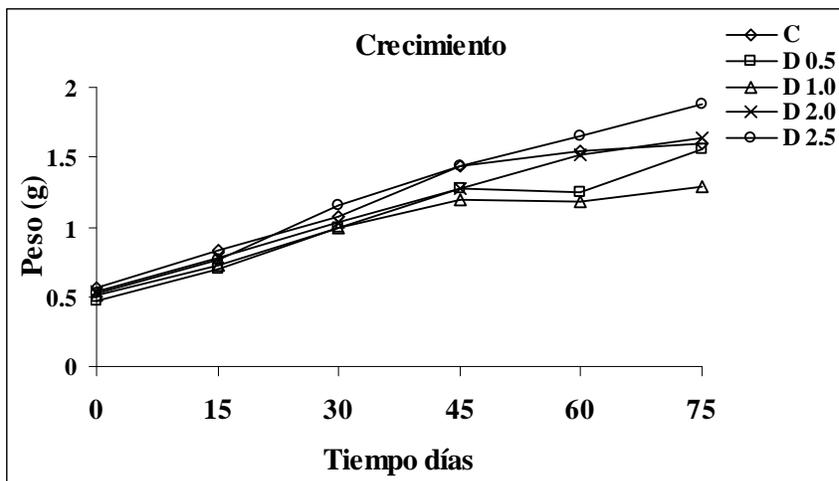


Figura 9. Curvas de crecimiento de los juveniles de langosta de quelas roja *C. quadricarinatus* durante el primer experimento sometidos a dietas con niveles de sustitución de 0.5, 1.0, 2.0 y 2.5% de hidrolizado, con respecto a una dieta control.

Sobrevivencia

Al concluir los 75 días del primer experimento, se observaron efectos negativos sobre los juveniles correspondientes a las dietas D1.0 y D2.0, ya que presentaron un 50% de sobrevivencia en cada una de ellas; en los organismos de la dieta control fue de alrededor del 40% y el caso extremo se registró con tan solo 33% de sobrevivencia en la dieta D0.5. En cambio los juveniles de la dieta D2.5 presentaron un 100% de sobrevivencia. Este alto porcentaje indicó la eficiencia del hidrolizado proteico como el requerimiento óptimo para los juveniles (Fig. 10).

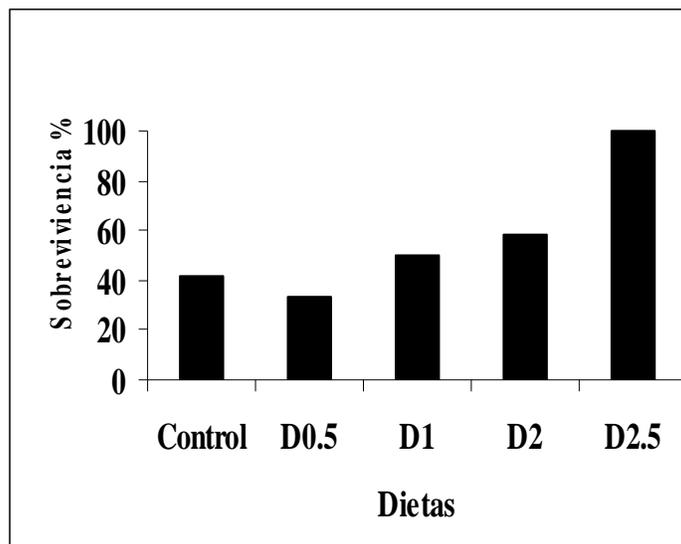


Figura 10. Porcentaje de sobrevivencia obtenida al final del primer experimento, con las dietas suministradas con niveles de sustitución de 0.5, 1.0, 2.0 y 2.5 de hidrolizado y la dieta control.

Bioindicadores del crecimiento

Número de mudas

Durante los 75 días que duró este primer experimento, se observó que los juveniles de la dieta D2.5 presentaron el mayor número de mudas con 36, en tanto las dietas D2.0, D1.0 y D0.5 mostraron frecuencias similares entre sí, con 29, 28 y 28 mudas respectivamente. Los juveniles a quienes se les suministró la dieta control, tuvieron tan sólo 25 ecdisis (Fig. 11). La prueba de ji-cuadrada con un nivel de $p \leq 0.05$, indicó que el número de mudas de los organismos de la dieta D2.5 no fue significativamente diferente con respecto al resto de las dietas, así como tampoco entre ellas mismas.

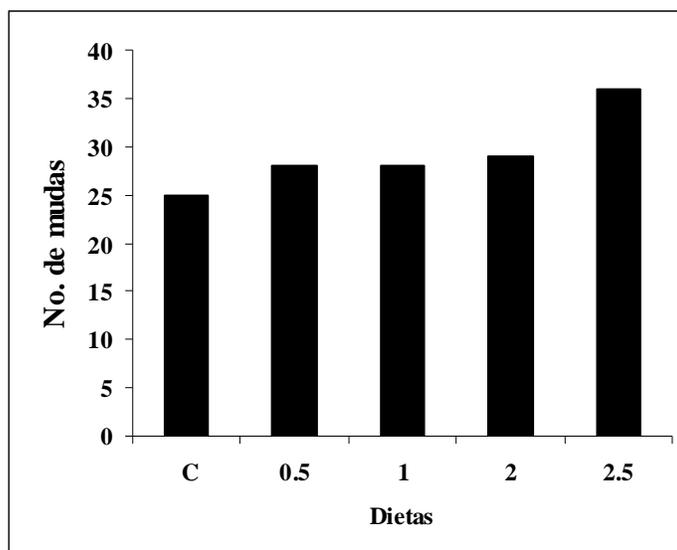


Figura 11. Número de mudas totales obtenidas durante el primer experimento, en las dietas suministradas.

Frecuencia de muda quincenal y mortalidad

La frecuencia de mudas en los juveniles de langosta, observada en periodos quincenales a través del experimento mostró que en los primeros quince días del estudio, los juveniles de las dietas D2.5 y D2.0 presentaron la mayor frecuencia de mudas con 10 para cada una; seguidos con 8 mudas para las dietas D0.5 y DC respectivamente, quedando por debajo la dieta D1.0 con 6 mudas. En el día 30, se presentó la más alta frecuencia de ecdisis en casi todos los organismos, pero disminuyó paulatinamente para todas las dietas a partir del día 45, y es precisamente en este periodo de tiempo cuando se presentaron los primeros casos de mortalidad (Fig. 12). Con el tiempo disminuyeron o cesaron las mudas de los organismos de las dietas DC, D0.5, D1.0 y D2.0. En cambio, para los organismos de la dieta D2.5 la presencia de ecdisis se mantuvo durante toda la fase experimental.

En cuanto a la mortalidad, los organismos alimentados con las dietas DC y D1.0 presentaron los primeros decesos de un juvenil respectivamente durante el día 45. Una

mortalidad alta se presentó a los 60 días en los juveniles de la dieta D0.5, quienes acumularon para ese tiempo un total de 6 organismos muertos, posteriormente se presentaron 4 decesos más al final del experimento, por lo que esta dieta presentó un 70% de mortalidad.

Los juveniles de las dietas DC y D1.0 presentaron 5 y 4 decesos más respectivamente a los 75 días. A lo largo del experimento en la dieta D2 se observó un total de 4 juveniles muertos, en cambio los de la dieta D2.5 no se presentaron bajas de organismos. Se observó una menor mortalidad en las dietas con inclusiones altas del hidrolizado (Fig. 12).

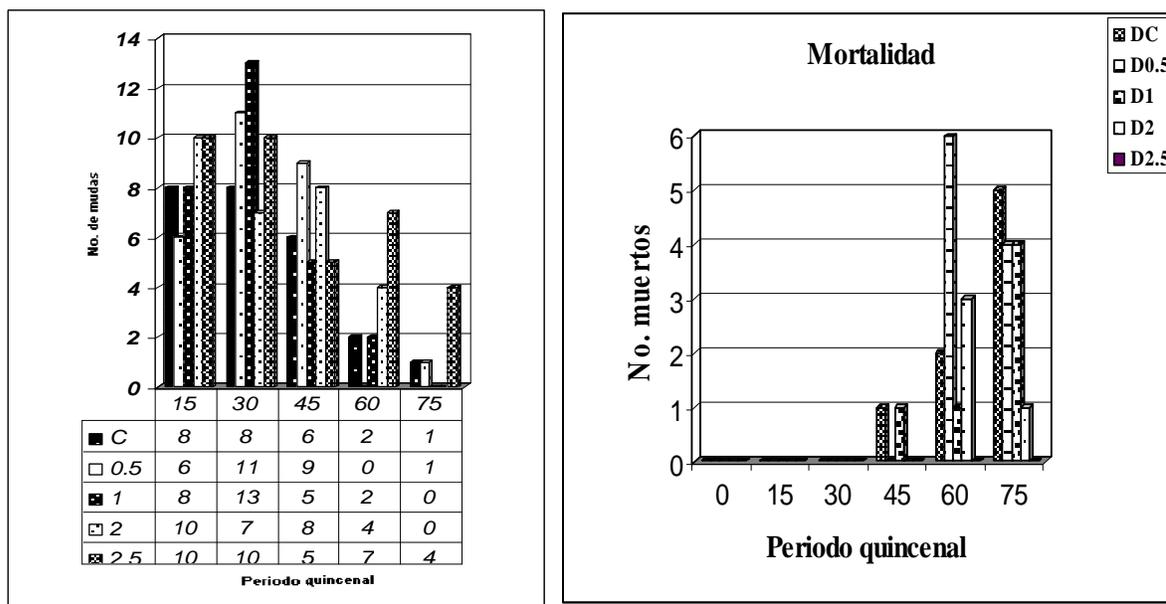


Figura 12. Número de mudas observada durante los periodos quincenales con respecto a cada una de las dietas suministradas con niveles de sustitución de 0.5, 1.0, 2.0, 2.5 del hidrolizado y la dieta control (izquierda), así como el comportamiento de la tasa de mortalidad de los mismos organismos en el mismo periodo quincenal (derecha).

Peso final (mg)

En la figura 13, se muestran los resultados de la ganancia en peso de los organismos de las diferentes dietas transcurridas 10 semanas del experimento. Los juveniles de la dieta D2.5,

presentaron en promedio un peso de 1,880 mg seguido de las dietas DC, D0.5 y D2.0 con un intervalo de 1,530 a 1,670 mg. En este caso los organismos menos favorecidos correspondieron a la dieta D1.0 con 1,290 mg. Se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las dietas DC, D0.5 y D2.5 con respecto a las dietas D1.0 y D2.0 (Tabla 13).

Tabla 13. Peso obtenido al final del primer experimento en juveniles de *C. quadricarinatus*.

Dieta	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)
Control	560 ± .19 ^a	1 670 ± .56 ^b
0.5	470 ± .09 ^a	1 530 ± .18 ^b
1.0	510 ± .16 ^a	1 290 ± .43 ^c
2.0	540 ± .19 ^a	1 640 ± .43 ^a
2.5	530 ± .14 ^a	1 880 ± .58 ^b

^{a-c} Diferentes letras superíndice en la columna indican diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

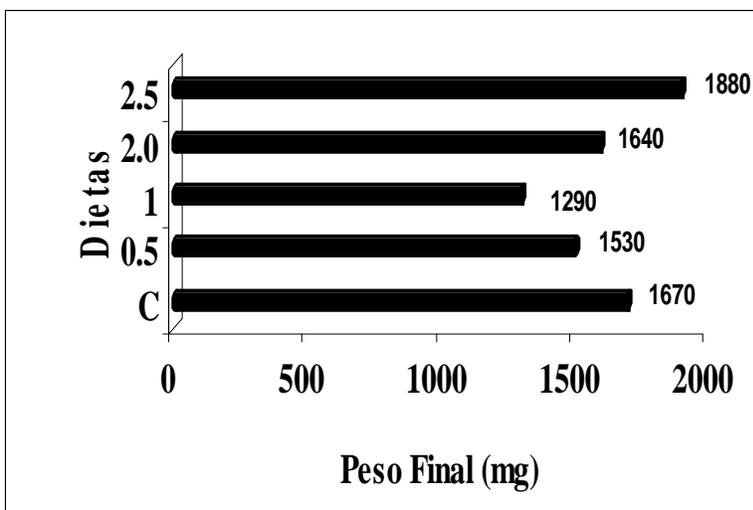


Figura 13. Peso final promedio de los juveniles del primer experimento, sometidos al tratamiento con niveles de sustitución de 0.5, 1.0, 2.0, 2.5 del hidrolizado y la dieta control.

Peso ganado individual (mg/día)

El grupo de juveniles alimentados durante dos meses y medio con las dietas experimentales, presentaron los siguientes resultados: los organismos de la dieta D2.5 exhibieron una mejor ganancia de peso ganado individual con 98.8 mg/día, aquellos a

quienes se les suministró las dietas D2.0 y D1.0 registraron una ganancia de 91.7 y 81.3 mg/día respectivamente, los menos favorecidos se registraron en juveniles de la dieta D0.5 con 71.2 mg/día y los juveniles de la dieta DC mostraron una ganancia de peso individual de 84 mg/día. El comportamiento de las dietas D2.0 y D2.5, está asociado con la mayor inclusión del hidrolizado proteico como atrayente lo que provocó un mayor consumo de alimento y finalmente esto se reflejó en la ganancia de peso (Fig. 14).

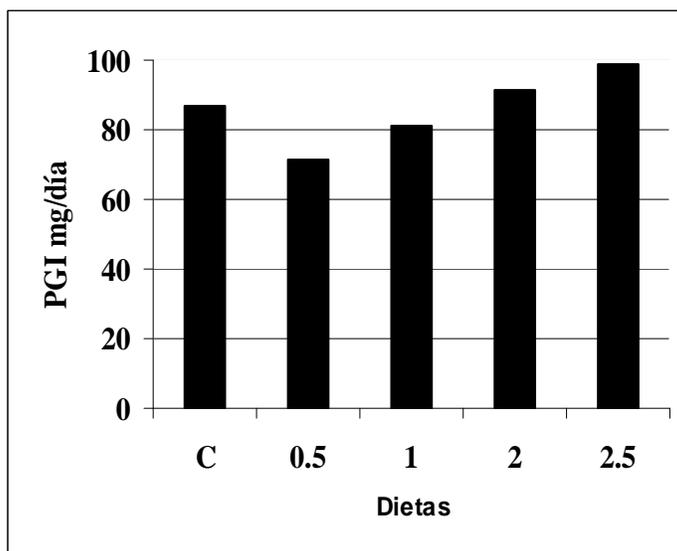


Figura 14. Peso ganado individual (PGI) de los juveniles, registrado al final del primer experimento con respecto a las dietas suministradas.

Peso ganado (%)

Semejante a como se presentó la ganancia individual de peso en miligramos por día, la mejor tasa de peso ganado expresado en porcentaje se obtuvo en organismos de la dieta D2.5 con 253 por ciento seguido de la dieta D2.0 con 204.2 por ciento. Para el caso de las dietas D0.5 y D1.0 las ganancias estuvieron cercanas con 177.6 y 173.2% respectivamente. Los juveniles de la dieta control obtuvieron menor peso, y esto se debió a que la fórmula contempla únicamente el peso final e inicial, y la alta mortalidad influyó en los cálculos del peso final (Fig. 15).

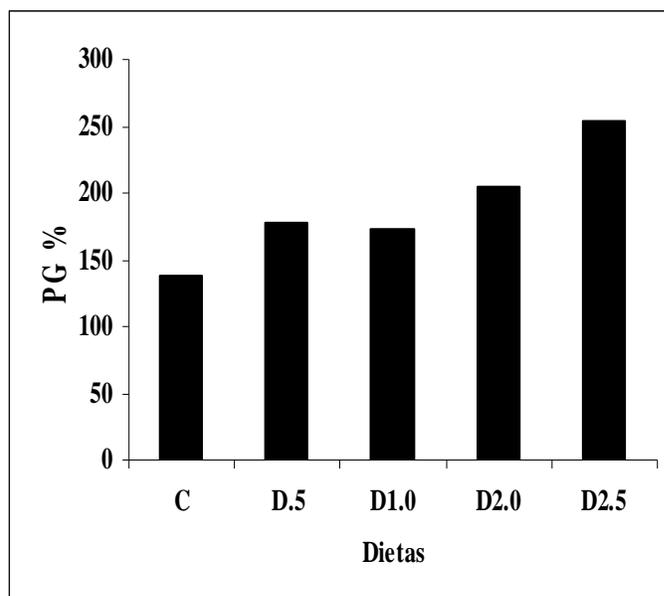


Figura 15. Peso ganado (PG) expresado en porcentaje obtenido al final del primer experimento, con respecto a las dietas suministradas.

Tasa específica de crecimiento (%/día)

La tasa específica de crecimiento (TEC) más alta se obtuvo en los juveniles alimentados con la dieta D2.5 con resultados de 1.7%/día. En las dietas D2.0, D1.0 y D0.5 se obtuvieron intervalos de 1.3 a 1.5%/día, el crecimiento de los organismos de la dieta DC no fue distante de las tres dietas anteriores, ya que se observó una tasa de crecimiento del 1.2%. En términos generales, se observa que la mayor concentración del hidrolizado en el alimento influyó en el tasa específica de crecimiento al menos en el presente parámetro (Fig. 16).

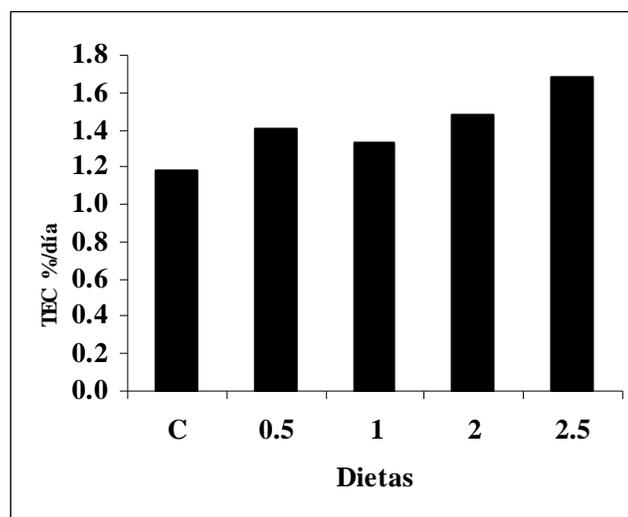


Figura 16. Tasa específica de crecimiento (TEC) registrada al final del primer experimento, con las dietas suministradas.

Indicadores de eficiencia alimentaría

Tasa de conversión alimenticia (TCA)

En la Figura 17 se observa que las mejores tasas de conversión alimenticia (TCA), se obtuvieron con las dietas D1.0 y D0.5, con valores de 0.07 y 0.08 respectivamente. Sin embargo, esto no se reflejó en la ganancia de peso, puesto que fueron los organismos menos favorecidos al final del experimento. Los organismos de la dieta D2.0 consumieron mayor cantidad de alimento (0.11) para ganar una unidad de peso. No obstante, que organismos de la D2.5 quedaron en la parte intermedia con 0.09 se vieron favorecidos en la mayoría de los parámetros evaluados.

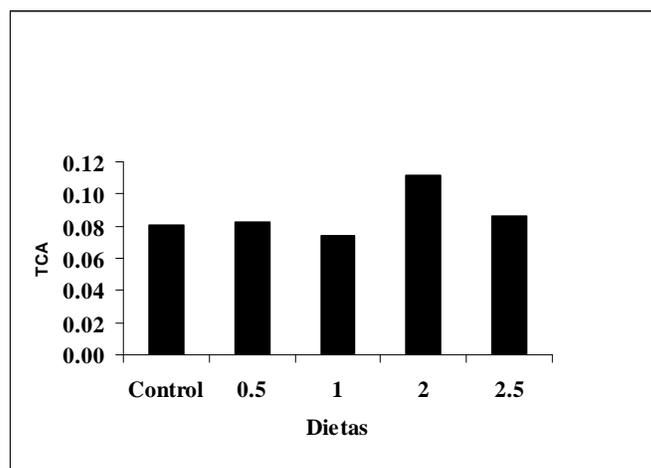


Figura 17. Tasa de conversión alimenticia (TCA) registrada al final del primer experimento, con respecto a las dietas suministradas.

Tasa de eficiencia proteica (TEP)

Entre las diferentes dietas experimentales no hubo diferencias significativas ($p \geq 0.05$), con respecto a la tasa de eficiencia proteica (TEP). Se observó un comportamiento del peso ganado de los juveniles por la proteína consumida en las dietas D0.5, D1.0 y D2.5 quienes obtuvieron una ganancia con intervalos de 4.5 a 5.4, a excepción de la dieta D2.0 con 3.5. Cabe señalar que los juveniles de la dieta DC, se mantuvieron con una tasa de eficiencia proteica aceptable de 5.2. Se registró que los juveniles menos favorecidos se presentaron en la dieta D2.0 con 3.6 (Fig. 18).

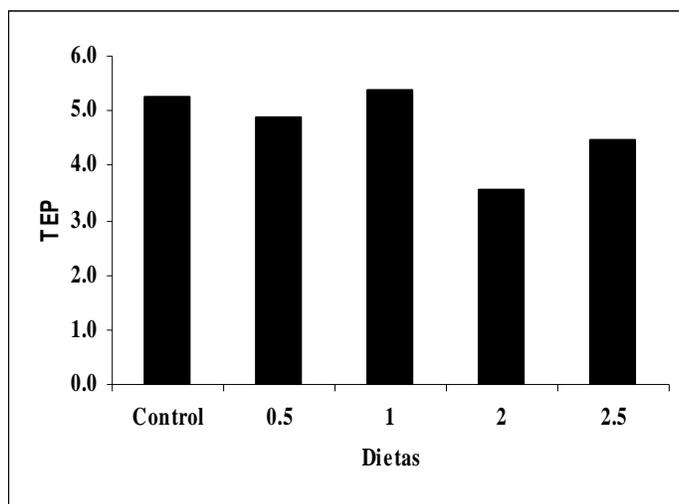


Figura 18. Tasa de eficiencia proteica (TEP) registrada al final del primer experimento con respecto a las dietas suministradas.

Alimento consumido individual (mg/día)

En este caso, se observó que los juveniles de las dietas D2.5 y D2.0 presentaron un mayor consumo de alimento con 34.4 y 31.6 mg/día respectivamente, quedando por debajo de ellas las dietas DC, D0.5 y D1.0 con un intervalo de 20.9 a 21.7 mg/día. Quizá, la cantidad del hidrolizado influyó de manera positiva para activar a los organismos sus mecanismos sensoriales a consumir el alimento (Fig. 19).

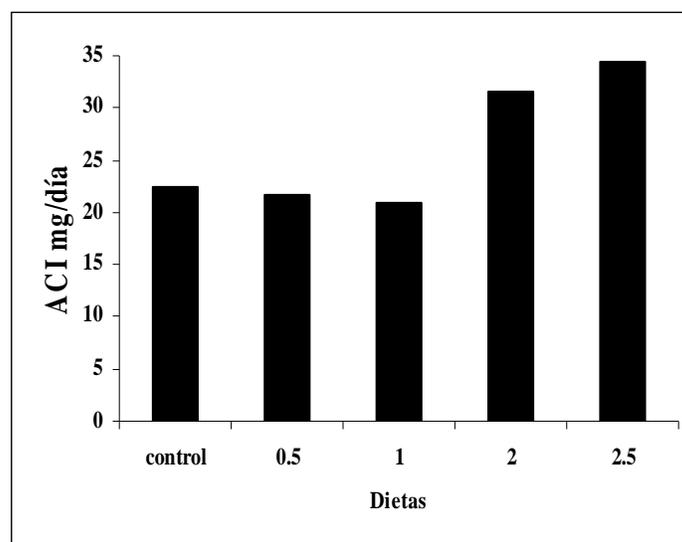


Figura 19. Alimento consumido individual (ACI), registrado al final del primer experimento con respecto a las dietas suministradas.

Los bioindicadores de crecimiento y deficiencia alimenticia evaluados en este experimento se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Valores promedio de los bioindicadores de crecimiento y de eficiencia de utilización del alimento evaluados en los juveniles de langosta durante el primer experimento.

Dietas/ indicador	S %	Peso final mg	PGI mg/día	PG %	TEC (%/día)	TCA	TEP	ACI (mg/día)
DC	41.7 ^a	1 700 ^a	87.0 ^a	137.6 ^a	1.2 ^a	0.08 ^a	5.2 ^a	22.5 ^a
D0.5	33.3 ^b	1 500 ^a	71.2 ^b	177.6 ^b	1.4 ^b	0.08 ^a	4.9 ^a	21.7 ^a
D1	50.0 ^a	1 300 ^b	81.3 ^a	173.2 ^b	1.3 ^b	0.07 ^b	5.4 ^a	20.9 ^a
D2	58.3 ^a	1 600 ^a	91.7 ^a	204.2 ^b	1.5 ^b	0.11 ^a	3.6 ^b	31.6 ^b
D2.5	100 ^c	1 900 ^c	98.8 ^c	253.7 ^c	1.7 ^c	0.09 ^a	4.5 ^c	34.4 ^b
E.E*	0.56	0.69	0.85	0.025	0.25	0.069	0.41	0.48

^{a-c} Valores promedio con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes ($p \geq 0.05$).

* Error estándar de la media, obtenido a partir del cuadrado medio del error en el ANOVA.

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla anterior, en la mayoría de los bioindicadores evaluados destaca por sus altos valores la dieta D2.5, presentando diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a los otros tratamientos, excepto para la TCA.

Con base a los parámetros anteriormente señalados y a la gráfica de crecimiento, se observó que la mejor respuesta de crecimiento y eficiencia alimenticia, se obtuvo en los juveniles de langosta a los que se les suministró la dieta D2.5, en tanto que la menor eficiencia se observó en los juveniles de la dieta D1.0. Por lo tanto, con base en estos resultados, se tomó como referencia la inclusión del hidrolizado a partir de 2.5% para llevar a cabo el segundo experimento.

Análisis del comportamiento de los bioindicadores con respecto al tiempo y a la dieta experimental suministrada durante el primer experimento.

El análisis del comportamiento de algunos bioindicadores a través del tiempo y con respecto a las dietas experimentales suministradas se muestra en las figuras 20, 21, 22 y 23. Los valores de alimento consumido individual (ACI), muestran en las dietas DC, D2.0 y D2.5 que en el día 60 del experimento, se incrementó marcadamente el consumo del alimento. Esto fue menos evidente en las otras dietas (D0.5 y D1.0) (Figura 20). La tasa específica de crecimiento (TEC), mostró un comportamiento inverso a la ganancia de peso, ya que los valores promedio disminuyeron conforme progresa la fase experimental (Fig. 21). La tasa de conversión alimenticia (TCA), presentó variaciones con respecto al tiempo, pero en general, se observa una consistencia en sus valores, destacando que al final del experimento se presentaron los valores más bajos (Fig. 22). Finalmente, la tasa de eficiencia proteica (TEP) se mantuvo constante a lo largo de la fase experimental a excepción del último periodo, donde se mostró un incremento sobre todo en las dietas DC, D0.5 y D1.0 (Fig. 23).

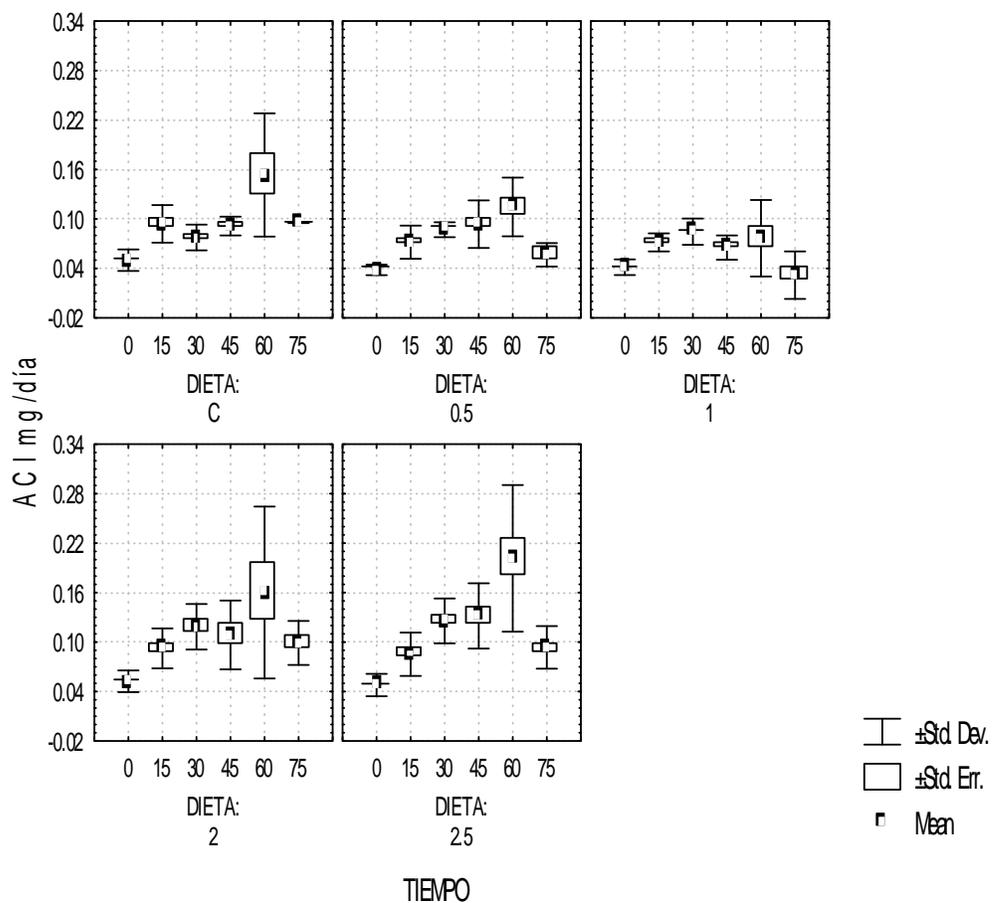


Figura 20. Variación del alimento consumido individual (ACI) expresado en mg/día registrado en los juveniles de langosta, durante el primer experimento a través del tiempo y con respecto a las dietas evaluadas.

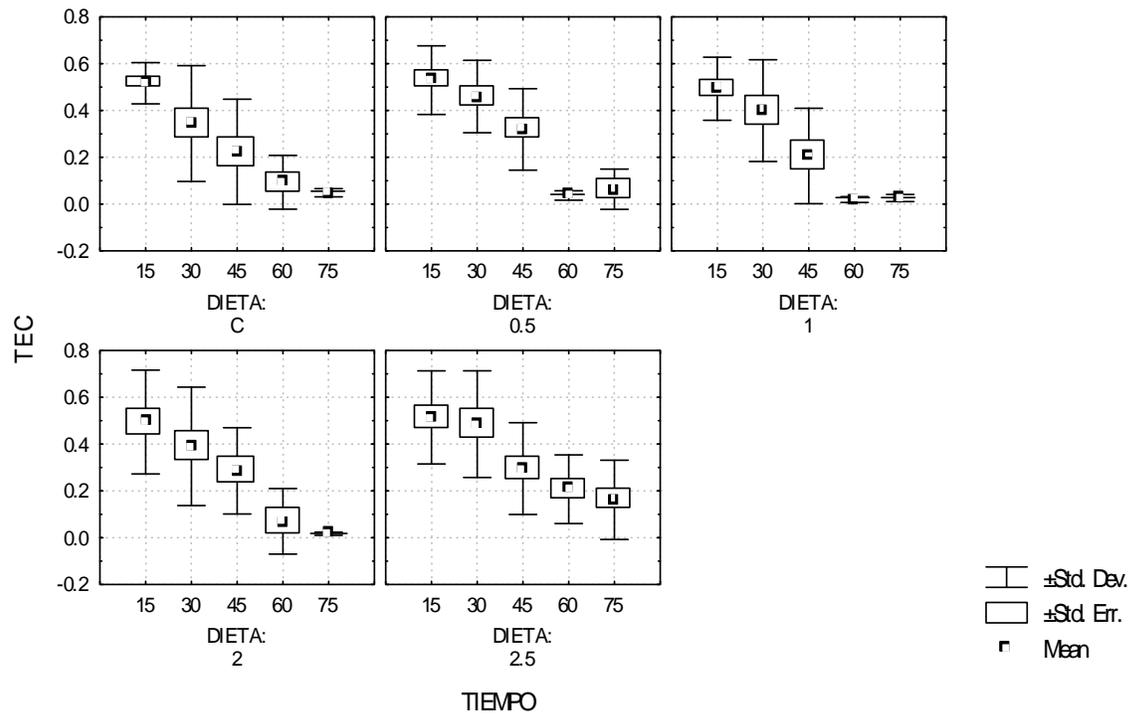


Figura 21. Variación de la tasa específica de crecimiento (TEC) de los juveniles de langosta, durante el primer experimento a lo largo del tiempo con respecto a las dietas.

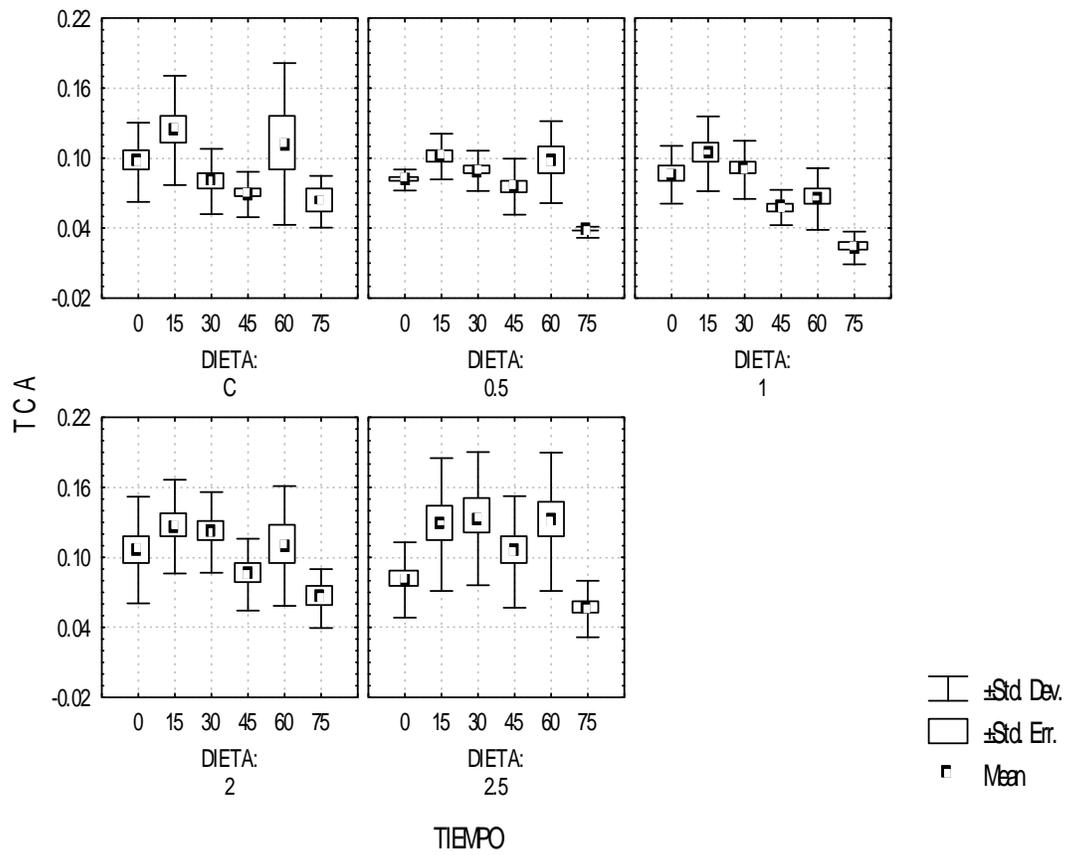


Figura 22. Variación de la tasa de conversión alimenticia (TCA) de los juveniles de langosta, durante el primer experimento a lo largo del tiempo con respecto a las dietas.

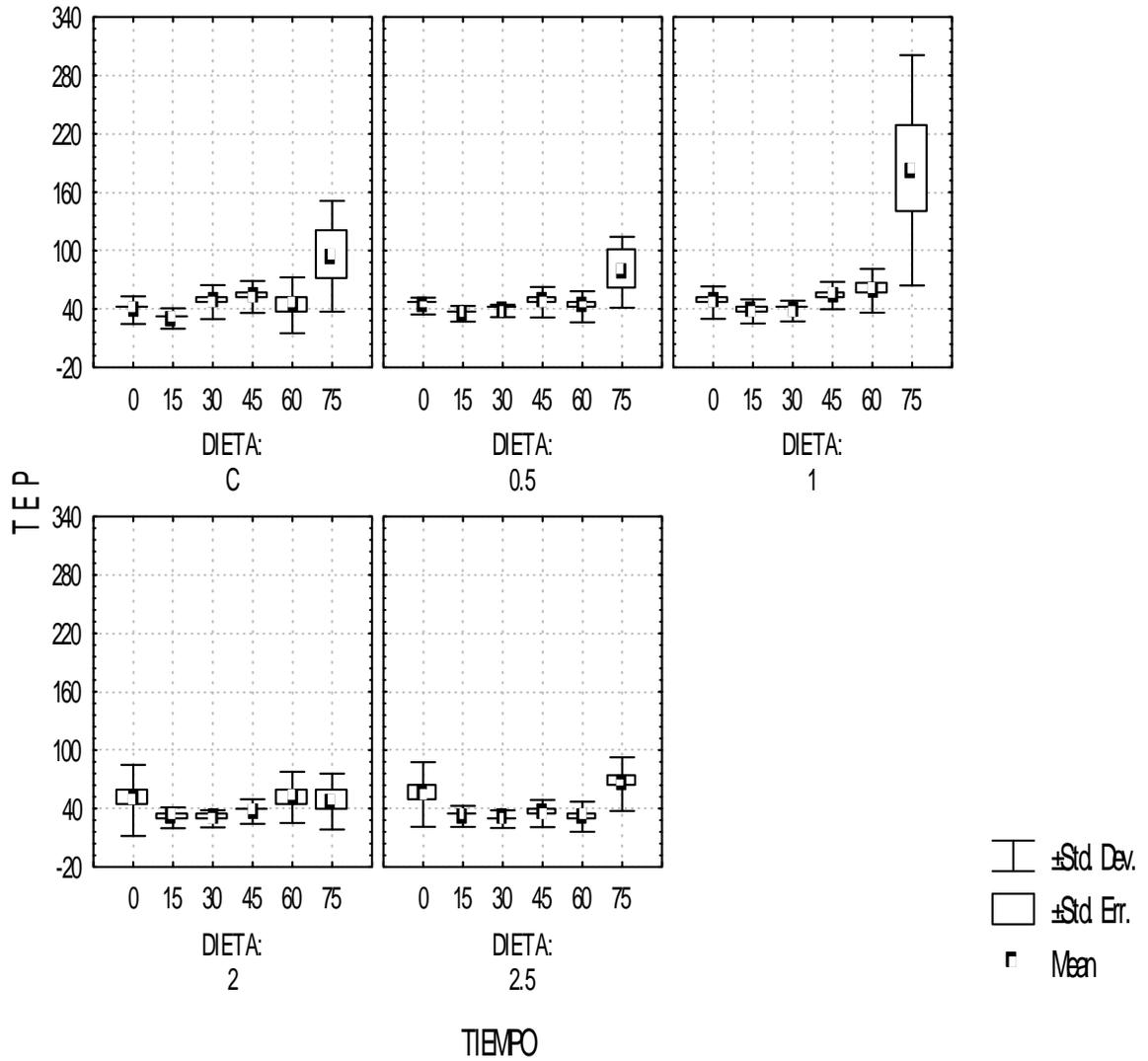


Figura 23. Variación la tasa de eficiencia proteica (TEP) de los juveniles de langosta, durante el primer experimento a lo largo del tiempo con respecto a las dietas.

Segundo experimento

Calidad del agua

Los intervalos de los factores fisicoquímicos de la calidad del agua registrados en el sistema cerrado de recirculación durante este experimento se presentan en la Tabla. 15. Los valores registrados se mantuvieron dentro de los límites tolerables para la especie y fueron los siguientes: la temperatura del agua se mantuvo en promedio de $29 \pm 1.5^\circ \text{C}$, para el caso del oxígeno disuelto fue de $3.1 \pm 0.24 \text{ mg/L}$ y el pH fue estable con un carácter alcalino con 8.79 ± 0.25 . En el caso del Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) y Amonio (NH_3) se registraron valores promedio de $0.051 \pm .045$ y $0.015 \pm 0.014 \text{ mg/L}$ respectivamente y la dureza total promedió $342 \pm 30.87 \text{ mg/L}$.

Tabla 15. Resultados de los parámetros fisicoquímicos registrados en el sistema cerrado de recirculación de agua, utilizado en el segundo experimento.

	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Oxígeno (mg/L)	pH	NAT (mg/L)	NH_3 (mg/L)	Dureza (mg/L)
N	224	224	357	357	119	8
Media	29.0	3.1	8.79	0.051	0.015	342
Desviación Estándar	1.5	0.24	0.25	0.045	0.014	30.87
Valor mínimo	24.3	2.6	8.23	0.008	0.003	299
Valor máximo	32.0	3.7	9.17	0.243	0.074	378
Coficiente de variación	5	8	3	90	93	9
Valores óptimos*	24-32	3-5	6.5-9	< 0.5	< 0.5	>50

N = tamaño de muestra; NAT = Nitrógeno Amoniacal Total; NH_3 = amoniaco.

La dureza esta expresada en mg/L de CaCO_3 .

*Valores recomendados por Jones y Burke, (1990); Jones (1990); Arredondo *et al.*, (1994); Villareal, (2002).

Curva de crecimiento

Las evaluaciones de crecimiento realizadas en los juveniles de las distintas dietas, manifestaron un comportamiento similar a los observados en el primer experimento. En los primeros 30 días de estudio no se presentaron diferencias entre las dietas evaluadas, y no es sino hasta el día 50 de haber iniciado el experimento, cuando se notó una clara diferencia en ganancia de peso de la dieta D5 con respecto a las demás. La dieta D10, se mantuvo

rezagada durante todo el tiempo que duró el experimento. De manera contrastante, al final del experimento los organismos alimentados con las dietas D5 y D10 presentaron 210 y 150 mg de ganancia en peso final respectivamente. Los organismos de las dietas DC, D2.5 y D15 quedaron con valores intermedios de aproximadamente 170 mg (Fig. 24).

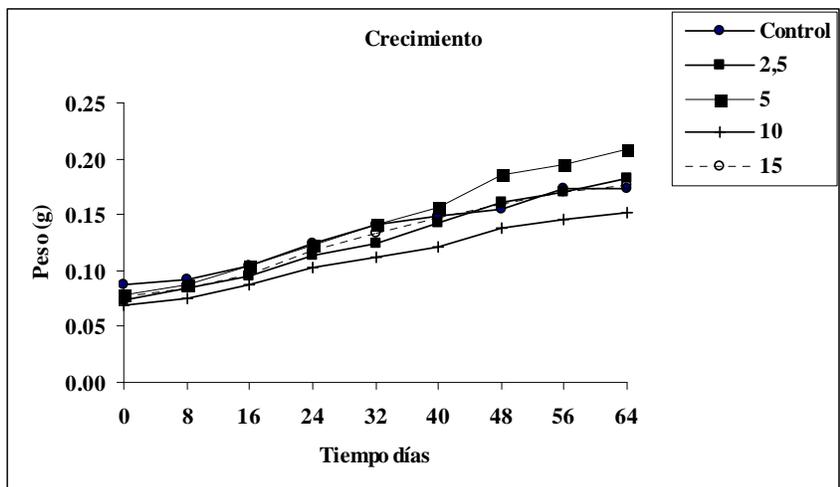


Figura 24. Curvas de crecimiento de los juveniles de langosta, registradas durante el segundo experimento, utilizando dietas con niveles de inclusión de 2.5, 5.0, 10.0 y 15.0% del hidrolizado.

Sobrevivencia

Al término del estudio que en este caso duró 56 días, los juveniles de las dietas D5, D10 y D15 presentaron 100% de sobrevivencia, sin embargo, hubo variaciones con las dietas DC y D2.5 con un 75 y 92% de sobrevivencia respectivamente, lo cual posiblemente explica la influencia de las mayores concentraciones del hidrolizado generando una mejor respuesta fisiológica por parte de los juveniles. Respecto a la mortalidad, en la primera semana de haber iniciado la fase experimental, se presentó el primer deceso de un organismo de la dieta control, manteniéndose así hasta la quinta semana del experimento; sin embargo, precisamente en este tiempo ocurrió la segunda muerte de otro organismo en la dieta D2.5. Posteriormente, a los siete días después, se registraron otros dos organismos muertos en la

dieta C, sin embargo la mortalidad total de los juveniles al final del experimento tan sólo representó el 6% (Fig. 25).

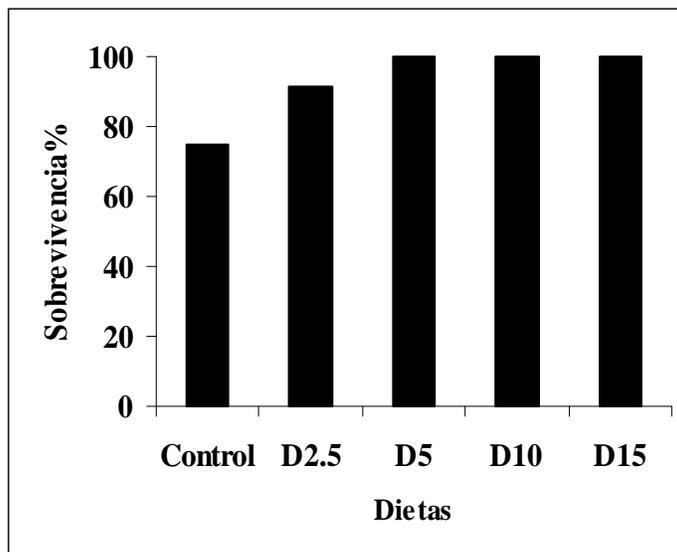


Figura 25. Número de mudas totales de los juveniles registradas durante el segundo experimento con las dietas suministradas.

Bioindicadores del crecimiento

Número de mudas

Al final del estudio, se registraron en total de 115 ecdisis durante los 56 días que duró el experimento. La frecuencia de mudas en los crustáceos es un indicador de crecimiento y en el presente estudio el mayor número de mudas se observó con la dieta D5 donde los juveniles presentaron un total de 28 ecdisis, seguida muy de cerca por la dieta D10, la cual presentó un total de 26. Para las dietas D2.5 y C se cuantificaron 22 y 19 respectivamente, en cambio las menores frecuencias se registraron con la dieta D15 ya que tan solo se colectaron 16 mudas (Fig. 26). Se aplicó una prueba de χ^2 con un nivel de $p \leq 0.05$, y se observó que no hubo diferencias significativas del número de mudas de los organismos de las dieta D5 con respecto a las demás y entre las mismas.

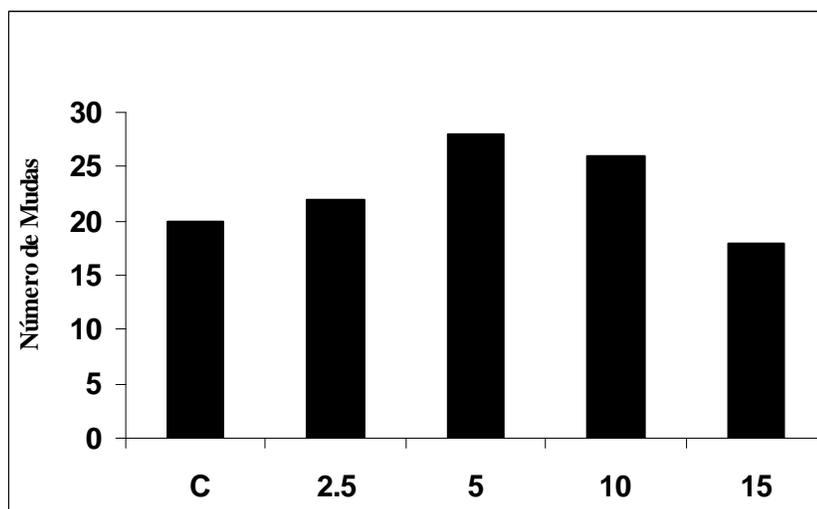


Figura 26. Número de mudas totales obtenidas durante el segundo experimento con las dietas suministradas.

Número de mudas en periodos quincenales

La frecuencia de mudas aumentó conforme transcurrió el tiempo experimental en periodos quincenales, se presentaron picos importantes de la cuarta, quinta y sexta semanas, guardando una estrecha relación con la disminución del consumo de alimento en el mismo tiempo. Se sabe que al momento de desprenderse del exoesqueleto los crustáceos, queda atrofiada la parte bucal, por tal motivo cesa su alimentación.

En términos generales, los juveniles menos favorecidos fueron los que recibieron la dieta D10. De manera particular, el elevado número de mudas que presentaron los organismos alimentados con la dieta D5, es consistente con los mejores resultados obtenidos en los diferentes parámetros evaluados (Fig. 27).

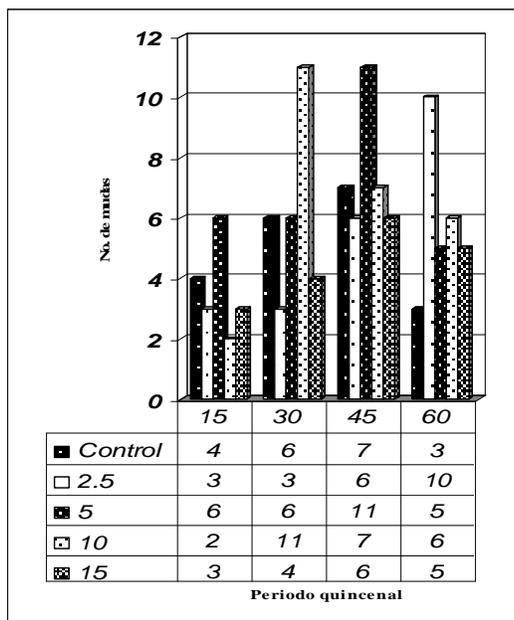


Figura 27. Número de mudas registradas en los periodos quincenales, con respecto a las dietas suministradas.

Peso final (mg)

En la Tabla 16, se observa que al inicio del experimento el intervalo de peso de los juveniles alimentados con los diferentes tratamientos osciló entre 70 a 90 mg, al término del experimento el incremento de peso promedio de las cinco dietas representó una ganancia de más del doble. El peso ganado al final del experimento favoreció a los juveniles de la dieta D5 con 270 mg seguidos por las dietas D2.5 y D15 con 180 mg cada una. Con ganancias de peso más retiradas de las anteriores correspondieron con 170 y 150 mg respectivamente para las dietas C y D10 (Fig. 28). En la tabla 14 se observa que al inicio del experimento no se presentaron diferencias significativas en los pesos iniciales de los juveniles, pero al final del experimento si se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de la dieta D5 con respecto a las demás.

Tabla. 16. Peso final obtenido durante el segundo experimento.

Dieta	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)
Control	90 ± 10 ^a	170 ± 40 ^b
2.5	70 ± 10 ^a	180 ± 50 ^b
5.0	80 ± 20 ^a	210 ± 40 ^c
10.0	70 ± 10 ^a	150 ± 30 ^a
15.0	80 ± 20 ^a	180 ± 40 ^b

^{a-c} Letras superíndices diferentes en la columna indican diferencias significativas (p ≤ 0.05).

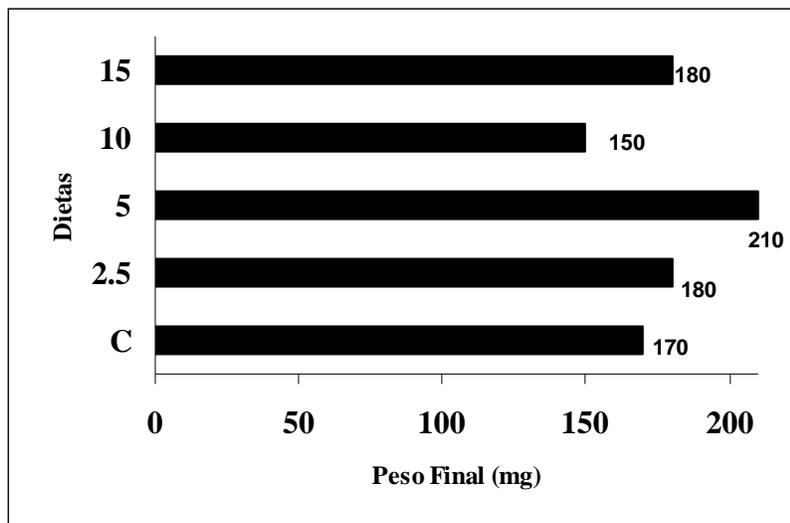


Figura 28. Peso final promedio de los juveniles del segundo experimento sometidos al tratamiento con niveles de sustitución de 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 del hidrolizado y la dieta Control.

Peso ganado individual (mg/día)

Después de 56 días de estudio, el mayor peso ganado lo obtuvieron los organismos a los que se les suministró la dieta D5 con 23.3 mg/día, los organismos con similar peso fueron a los que se les proporcionaron las dietas C y D15 con pesos 22.3 y 21.2 mg/día respectivamente. Los organismos alimentados con la dieta D10 fueron los que obtuvieron la menor ganancia en peso con 18.3 mg/día (Fig. 29).

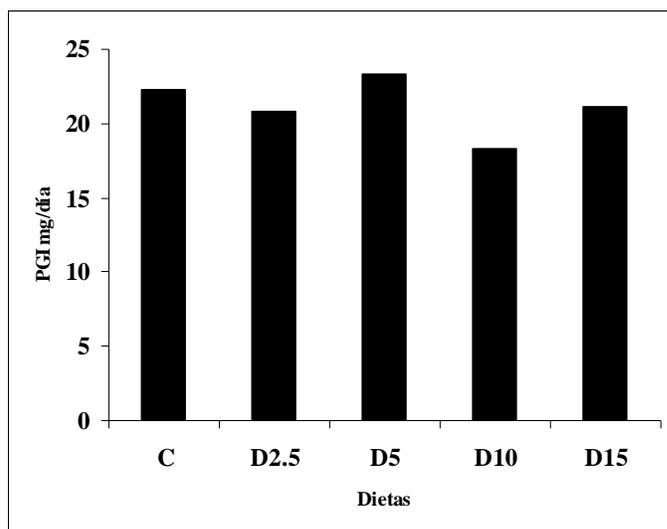


Figura 29. Peso ganado individual (PGI) expresado en mg/día, registrado al final del segundo experimento con respecto a las dietas suministradas.

Peso ganado (%)

De manera similar en los organismos alimentados con la dieta D5, con un peso ganado de 170%, seguidos de los juveniles de la dieta D2.5 con 147% y muy distantes de las dos anteriores quedan los correspondientes a las dietas D10 y D15 con 124 y 132 por ciento. En este caso, los juveniles de la dieta control quedaron por debajo respecto a las demás con 102% (Fig. 30).

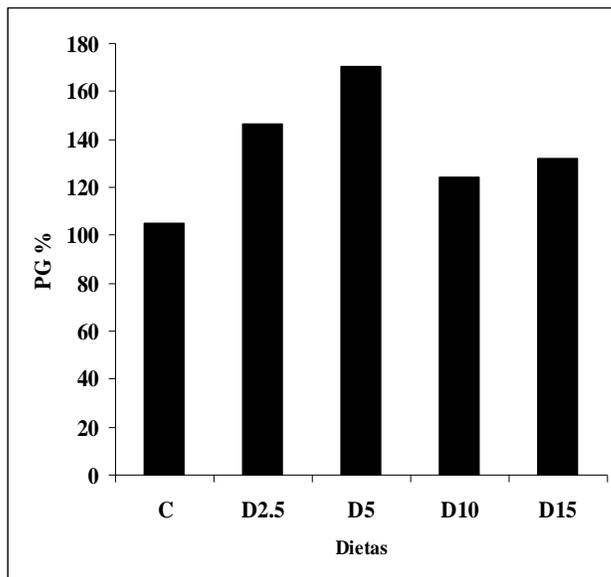


Figura 30. Peso ganado (PG) expresado en porcentaje registrado en el segundo experimento, con respecto a las dietas proporcionadas.

Tasa específica de crecimiento (%/día)

Los mejores resultados la dieta D5, con un intervalo de crecimiento obtenido en los organismos fue de 1.8 %/día. Los juveniles alimentados con la dieta D2.5 alcanzaron 1.6%/día teniendo poca diferencia con respecto a los juveniles de las dietas D10 y D15 ya que ambas presentaron 1.5 por ciento por día. Las langostas de la dieta control fueron las menos favorecidas con un promedio de crecimiento de 1.3%/día (Fig. 31).

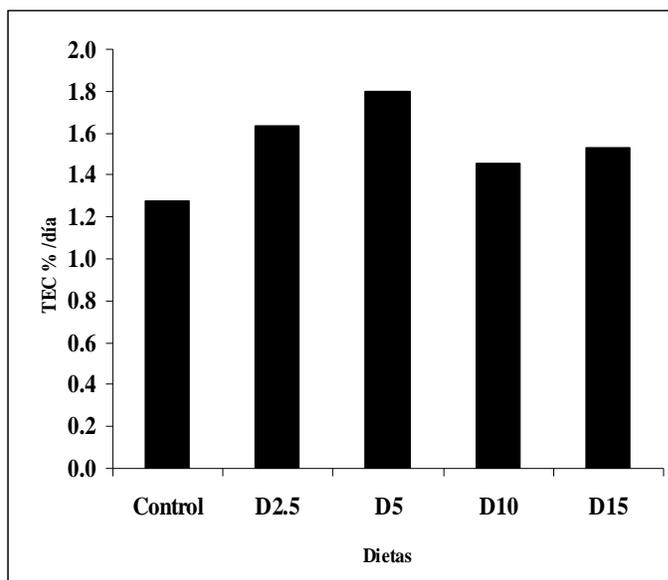


Figura 31. Tasa específica de crecimiento (TEC) obtenida al final del segundo experimento con las dietas suministradas.

Indicadores de eficiencia alimentaria

Tasa de conversión alimenticia (TCA)

Las mejores tasas de conversión alimenticia se obtuvieron con los juveniles alimentados con las dietas D2.5 y D5. En ambos casos, su tasa de conversión alimenticia fue de 1.6 para alcanzar una unidad de peso y aún cuando no se observaron diferencias significativas requirieron menor consumo de alimento. En orden de eficiencia siguieron los juveniles de las dietas C y D10 con 1.8 y 1.9 respectivamente, los organismos de la dieta D15 fueron menos eficientes, ya que requirieron 2.1 de conversión del alimento para alcanzar una unidad de peso (Fig. 32).

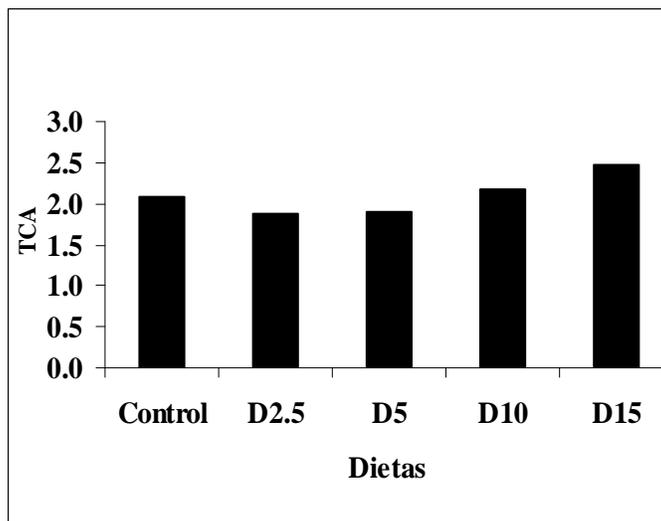


Figura 32. Tasa de conversión alimenticia (TCA) registrada al final del segundo experimento, con respecto a las dietas suministradas.

Tasa de eficiencia proteica (TEP)

La tasa de eficiencia proteica (TEP), presentó un comportamiento negativo de forma ascendente, es decir a mayor cantidad de inclusión de proteína de origen animal menor capacidad de asimilación de eficiencia proteica presentaron los juveniles en el consumo del alimento solo con respecto a las dietas con concentración de hidrolizado. De esta manera se tiene que la ganancia de peso por unidad de proteína consumida para juveniles de la dieta C fue de 2, para los juveniles de las dietas D2.5 y D5 fue de 1.9 cada una, por último para los de dietas D10 y D15 presentaron un TEP de 1.7 y 1.4 respectivamente. Como es de esperarse con la dieta control, se obtuvo la mejor eficiencia proteica de consumo de la harina de pescado, aún cuando no fueron muy distantes de las dietas D2.5 y D5 presentaron diferencias significativas entre ellas (Fig. 33).

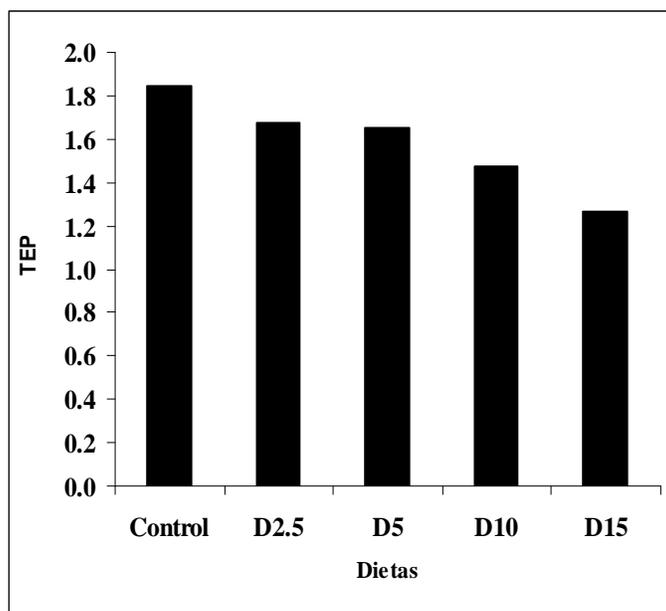


Figura 33. Tasa de eficiencia proteica (TEP) registrada al final del segundo experimento con respecto a las dietas suministradas.

Alimento consumido individual (mg/día)

El consumo del alimento por parte de los juveniles, fue mayor en las dietas D5 y D15, con una ingestión de 4.8 mg/día cada una, seguidas por las dietas DC, D10 y D2.5, con valores estadísticos similares entre sí, con consumos de 3.5, 3.6 y 3.9 mg/día respectivamente. En términos generales, se detectó que a mayor inclusión de atrayente se promueve el consumo de alimento por parte de los organismos, a excepción de los juveniles de la dieta D10 quienes consumieron menos alimento (Fig. 34).

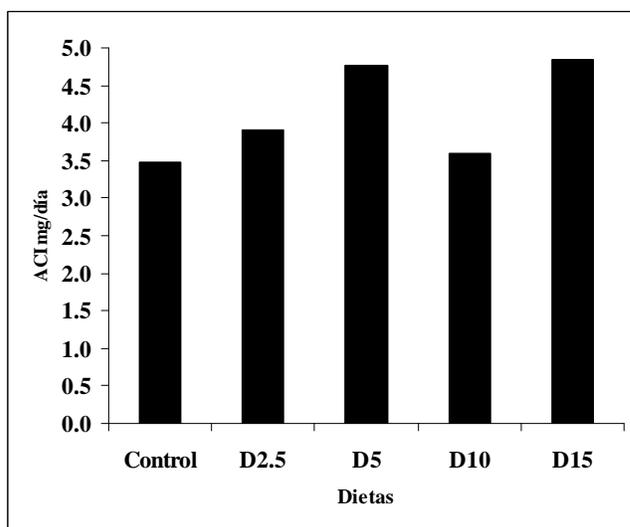


Figura 34. Alimento consumido individual (ACI) registrado al final del segundo experimento, con respecto a las dietas suministradas.

Alimento consumido (%)

En los cinco tratamientos, se observó que el consumo del alimento de los juveniles fue elevado a partir del inicio del experimento, hasta las primeras cuatro semanas, al siguiente periodo se presentó una disminución del consumo del alimento (Fig. 35) correspondiendo en porcentaje a la dieta C de 60.9 - 49.8; a la dieta D2.5 de 51.4 - 42.2; en la dieta D5 de 55.2 - 43.9; a la dieta D10 de 54 - 40 y finalmente a la dieta D15 con 57.7 - 49% respectivamente. Este comportamiento alimenticio coincide con el tiempo de altas frecuencias de mudas en los juveniles ya que precisamente en esta etapa dejan de alimentarse.

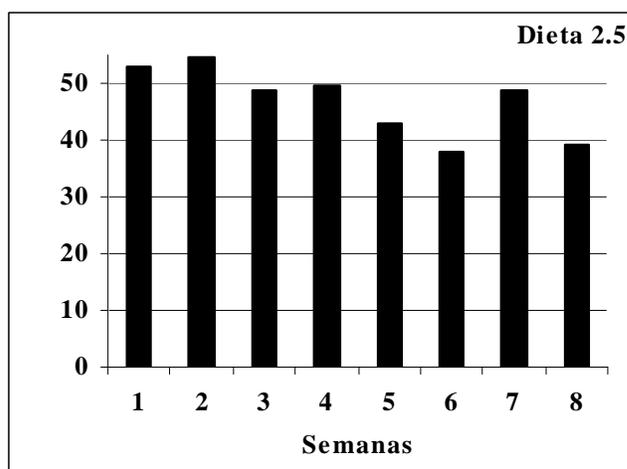
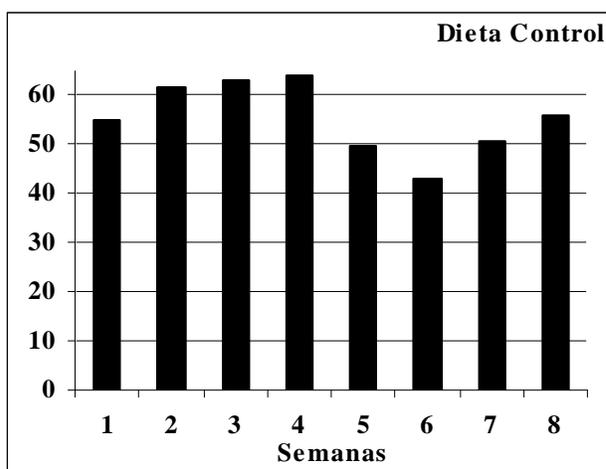
Los resultados obtenidos en cuanto a los parámetros aquí manejados para evaluar las dietas elaboradas con inclusiones con 30% de proteína de origen animal e inclusiones del hidrolizado de cabeza de camarón de 2.5, 5, 10 y 15% con un 30% de harina de soya, comparadas con una dieta control del 100% de harina de pescado, se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Valores promedio de los bioindicadores de crecimiento y eficiencia de utilización del alimento obtenidos en juveniles de langosta, *Cherax quadricarinatus*, durante el segundo experimento.

Dietas/ Indicador	S %	Peso final (mg)	PGI (mg/día)	PG (%)	TEC (%/día)	TCA	TEP	ACI (mg/día)
DC	75 ^a	170 ^b	22.3 ^b	105 ^a	1.3 ^a	1.8 ^a	2.0 ^a	3.5 ^a
D2.5	92 ^b	180 ^b	20.8 ^b	147 ^b	1.6 ^a	1.6 ^a	1.90 ^b	3.9 ^a
D5	100 ^b	210 ^c	23.3 ^c	170 ^c	1.8 ^a	1.6 ^a	1.90 ^b	4.8 ^b
D10	100 ^b	150 ^a	18.3 ^a	124 ^b	1.5 ^a	1.9 ^a	1.70 ^b	3.6 ^a
D15	100 ^b	180 ^b	21.2 ^b	132 ^b	1.5 ^a	2.1 ^b	1.40 ^c	4.8 ^b
±E.E ^{*)}	0.0035	0.0026	0.0026	12.23	0.081	0.0095	0.13	0.000051

^{a-c} Valores promedio con el mismo superíndice en la columna no son estadísticamente diferentes ($p \geq 0.05$).

^{*} Error estándar de la media, obtenido a partir del cuadrado medio del error en el ANDEVA.



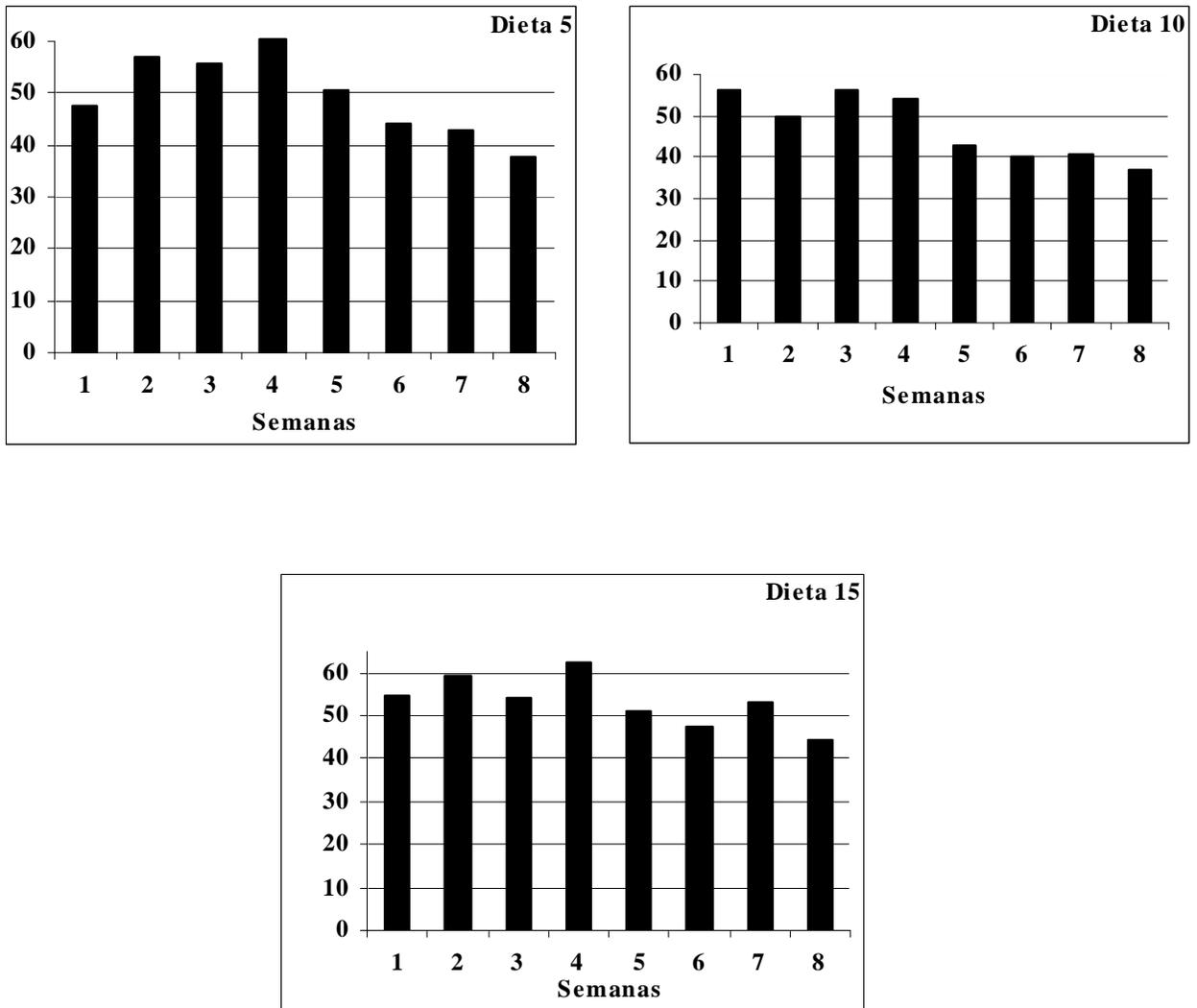


Figura 35. Las figuras representan el consumo semanal del alimento en porcentaje de los juveniles de la langosta, sometidas a las dietas experimentales durante el segundo experimento. La disminución en el consumo del alimento ocurre precisamente a partir de la quinta semana coincidiendo con el periodo de muda de los juveniles.

Análisis del comportamiento de los bioindicadores con respecto al tiempo y a la dieta experimental suministrada durante el segundo experimento.

El análisis del comportamiento de algunos bioindicadores con respecto al tiempo y en relación a las dietas experimentales se presenta en las figuras 36, 37, 38 y 39. El incremento en peso resultó consistente con el alimento consumido individual (ACI), a excepción de los juveniles correspondientes a la dieta D2.5, quienes incrementaron el consumo de alimento por encima de las otras dietas experimentales. Se observó además, que en la parte final del experimento disminuyó el consumo del alimento (Fig. 36). La tasa específica de crecimiento (TEC) mostró un comportamiento semejante en todas las dietas manteniéndose constante en el tiempo (Fig. 37). La tasa de conversión de alimento (TCA) fue semejante a excepción de la dieta D2.5 que presentó los valores más altos (Fig. 38). Finalmente, la tasa de eficiencia proteica (TEP) mostró una consistencia en todas las dietas experimentales, insinuando al final del experimento valores elevados a excepción de la dieta D2.5 (Fig. 39).

Determinación de proteínas presentes en el sistema de circulación cerrado

No se registró la presencia de proteína circulante en el sistema cerrado de recirculación, donde se realizó el experimento.

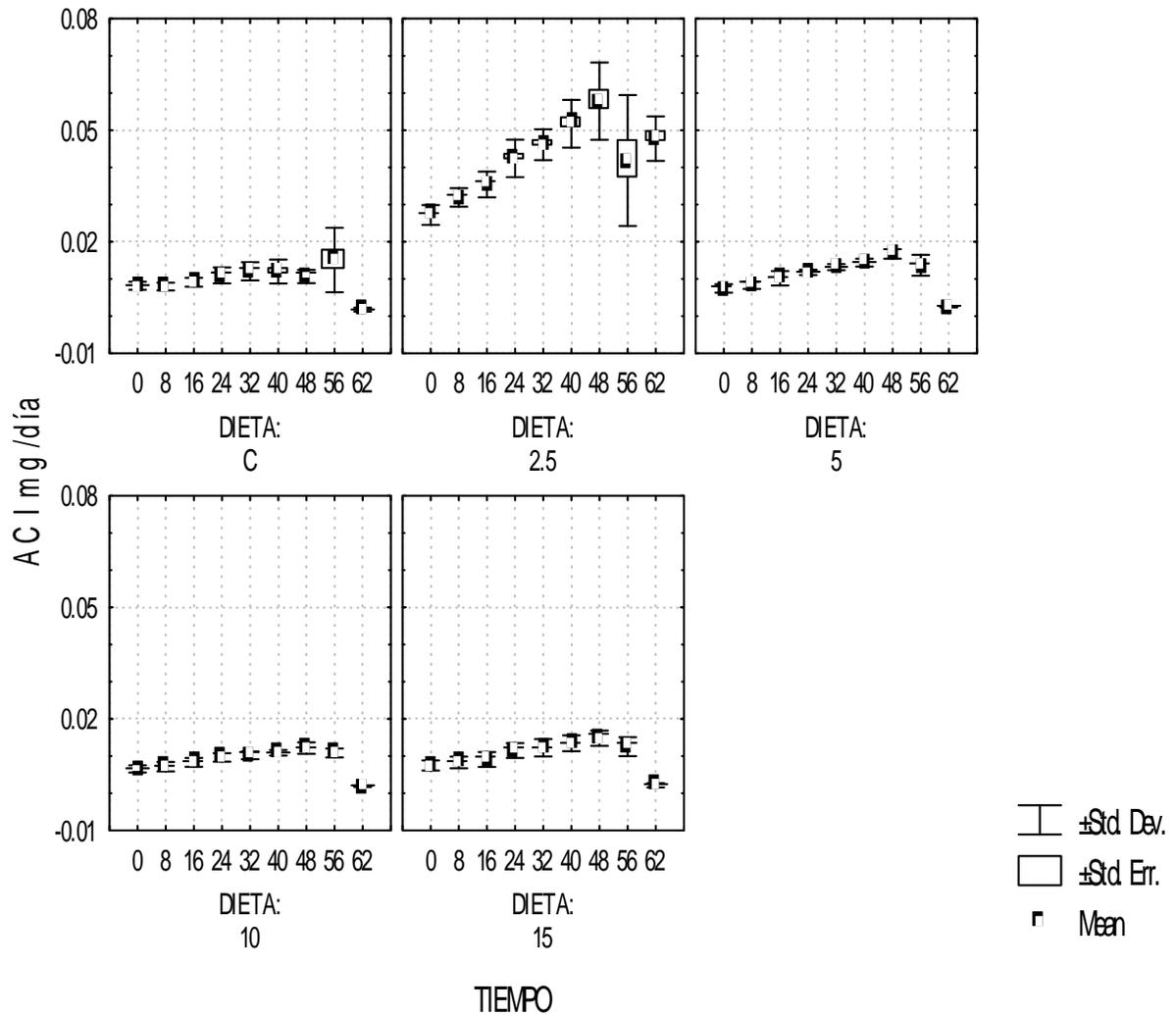


Figura 36. Variación del alimento consumido individual (mg/día) de los juveniles de langosta, durante el segundo experimento a lo largo del tiempo con respecto a las dietas suministradas.

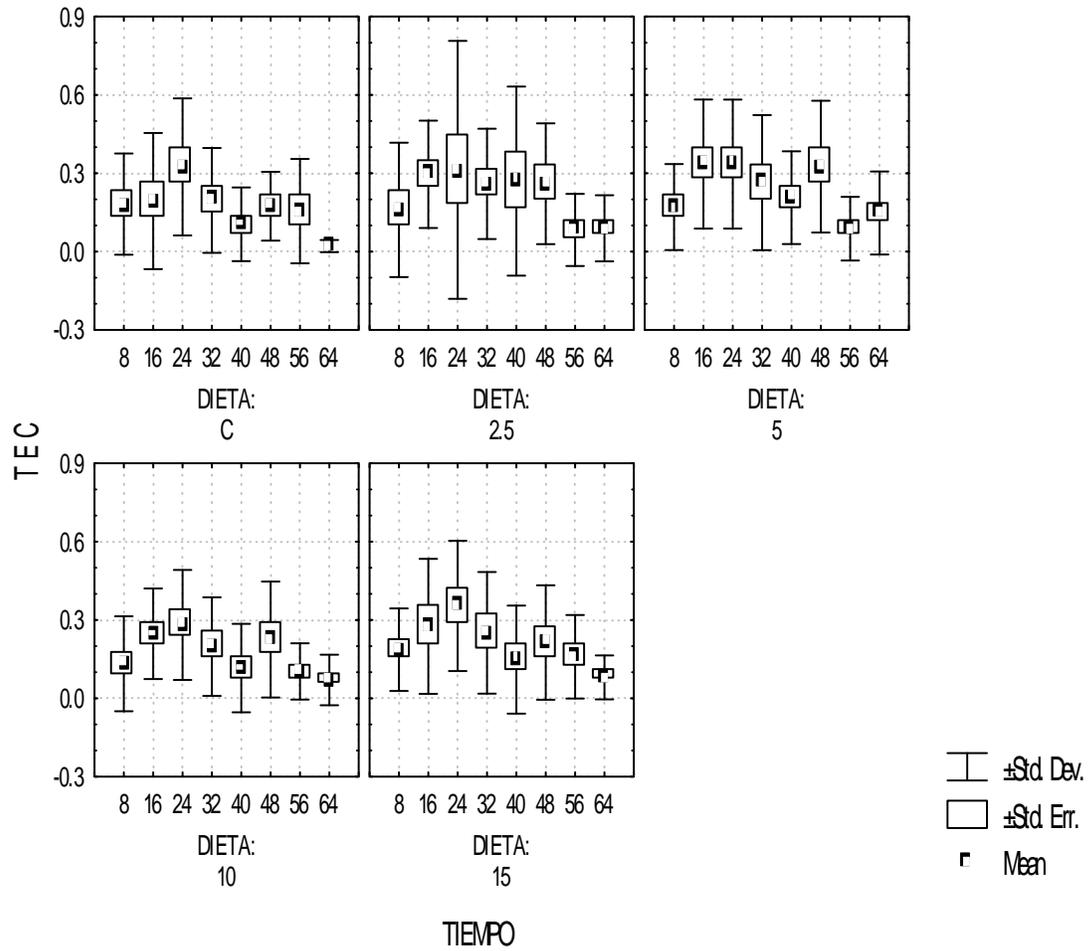


Figura 37. Variación de la tasa de crecimiento específico (TEC) de los juveniles de langosta, durante el segundo experimento a lo largo del tiempo con respecto a las dietas suministradas.

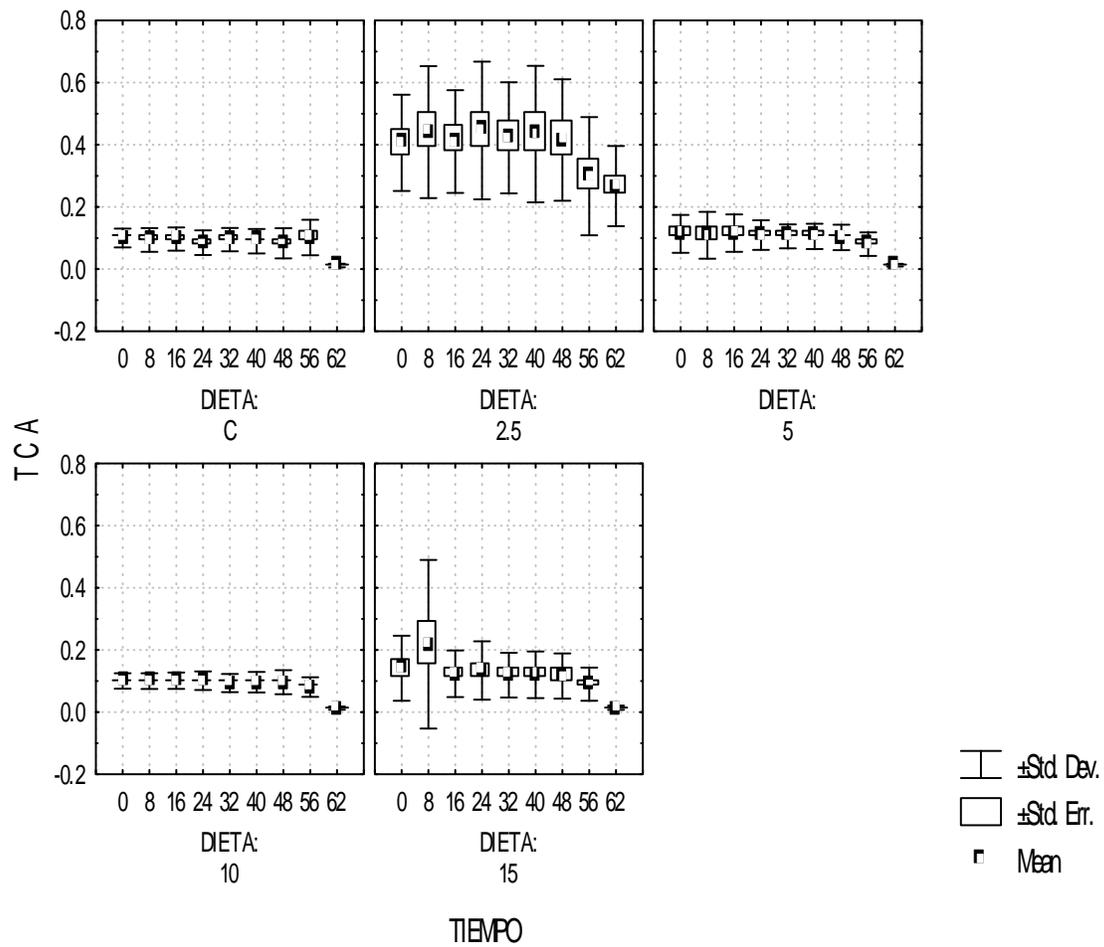


Figura 38. Variación de la tasa de conversión de alimento (TCA) de los juveniles de langosta, durante el segundo experimento a lo largo del tiempo con respecto a las dietas suministradas

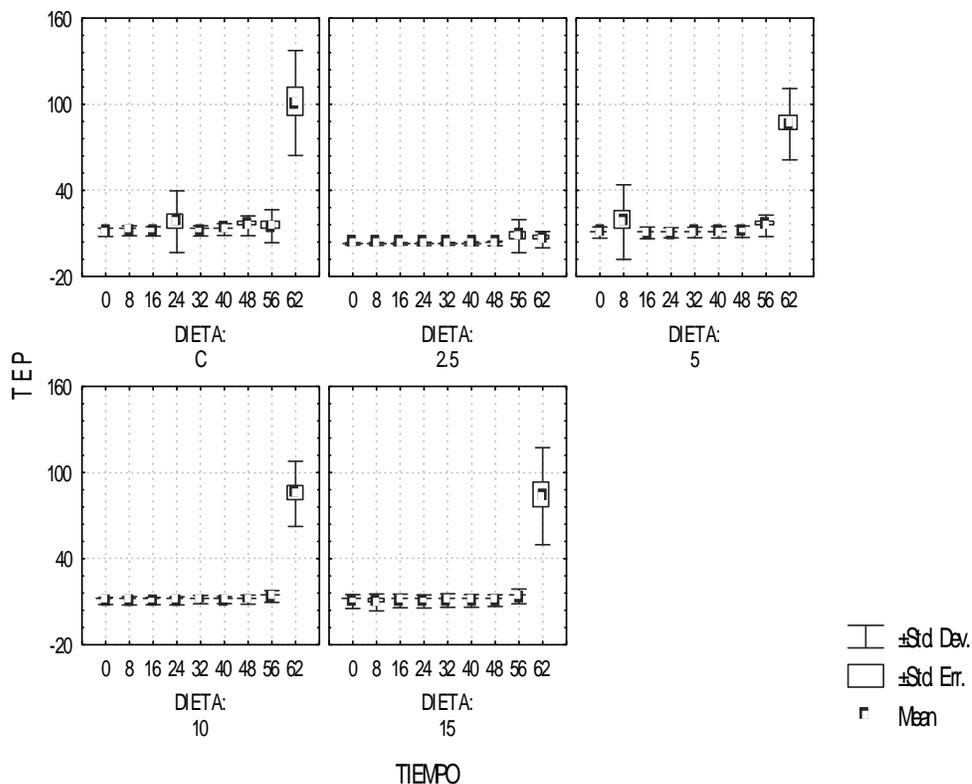


Figura 39. Variación de la tasa de eficiencia proteica (TEP) de los juveniles de langosta, durante el segundo experimento a lo largo del tiempo con respecto a las dietas suministradas.

Contenido proteico de la carcasa

En la Tabla 18, se presentan los resultados del análisis de la proteína que presentó la carcasa al inicio y al final del segundo experimento. La dieta control, presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a las otras dietas. Esto significa que el análisis del contenido proteico expresado en porcentaje fue menor que en las otras dietas.

Tabla 18. Contenido proteico de la carcasa de los juveniles *C. quadricarinatus* en las dietas al final del segundo experimento.

Dietas	Carcasa
Inicial	29.49 ^b
C	26.51 ^a
D2.5	30.53 ^b
D5	28.51 ^b
D10	28.80 ^b
D15	29.05 ^b

^{a-c} Diferentes letras superíndices en la columna indican diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

DISCUSIÓN

Calidad del agua

Los parámetros fisicoquímicos registrados en el sistema de recirculación cerrado utilizado en ambos experimentos, presentaron valores promedio que se encuentran dentro de los niveles considerados como óptimos para el cultivo de la langosta de quelas rojas, *Cherax quadricarinatus*. Castillo y colaboradores (2002), encontraron que estos organismos se desarrollan bien a una temperatura de 26 °C, con valores de oxígeno disuelto de 8 mg/L, además resisten niveles de amonio de 0.0525 mg/L y una dureza de 150 mg/L. Por otra parte, Kibria y colaboradores (1997), reportaron que en los sistemas de cultivo, ésta especie presenta una mayor velocidad de crecimiento a una temperatura de 28 °C. Ambos valores de temperatura, concuerdan con los manejados en los experimentos de la presente investigación, tal vez la única diferencia radicó en los niveles de oxígeno disuelto registrados, ya que en este caso fluctuaron entre 3 y 5 mg/L, sin embargo, estos valores pueden considerarse adecuados para mantener un buen desarrollo y crecimiento de los juveniles.

Medley y colaboradores (1994), encontraron para esta misma especie una tolerancia amplia con respecto a la temperatura, obteniendo como valor mínimo 12 °C y un límite superior de 37 °C, no obstante, la mayor velocidad de crecimiento se presentó en un intervalo que va de los 23 a los 31°C. Por su parte Ackefors (1994), menciona que de manera extraordinaria en las prácticas de cultivo, esta especie tolera bajas concentraciones de oxígeno disuelto hasta de 2.0 mg/L.

En la presente investigación, los intervalos de temperatura del agua durante las dos fases experimentales, se mantuvieron dentro de los límites reportados en estudios anteriores, así como los recomendados por varios autores como Arredondo y colaboradores (1994) y Villareal (2002), para lograr una adecuada sobrevivencia y un buen ritmo en la tasa de crecimiento de los juveniles de langosta de quelas rojas. Los resultados de los parámetros

fisicoquímicos registrados en ambos experimentos, además, indicaron que se encontraban dentro de los intervalos de requerimientos de calidad de agua que presenta esta especie, y por lo tanto, no se presentó un efecto negativo que pudiera afectar la sobrevivencia o la tasa de crecimiento de los juveniles. En este sentido, se podría afirmar que la calidad del agua no fue un factor que afectó la mortalidad, ni la tasa de crecimiento y las variables de respuesta de ambos experimentos quedaron sujetas al efecto de las dietas balanceadas que se aplicaron durante los experimentos.

Efectos de las dietas sobre el crecimiento

Durante el primer experimento, las mejores curvas de crecimiento de los juveniles de *C. quadricarinatus*, se presentaron con la dieta D2.5 y con la dieta D5 en el segundo experimento. En ambas dietas, la inclusión de la harina de soya fue del 30%, lo que significó sustituir entre un 32.5 y 35% a la harina de pescado. Estos resultados son parecidos a los reportados en otros estudios llevados a cabo con este mismo crustáceo, así Hernández (2000), probó niveles de inclusión de harina de soya del 25 hasta el 50%, con incrementos graduales del 5% entre cada nivel, y encontró que los requerimiento de proteína de los juveniles de *C. quadricarinatus* fluctuaron entre 30 y 35%; en estas dietas se incluyó del 8 a 12% de lípidos, ambas sustituyendo la harina de pescado con 30% de harina de soya. Este trabajo se realizó bajo condiciones semi-intensivas, donde los organismos cuentan con un aporte adicional de nutrimentos, que son obtenidos de varios artículos alimenticios presentes en el sistema de cultivo, por lo cual se recomienda utilizar el nivel de 30% de sustitución de harina de soya, como el más conveniente para lograr una respuesta adecuada en la sobrevivencia y en la tasa de crecimiento, logrando así obtener un ahorro sustancial en los costos del alimento.

Villareal (2002), trabajó también con juveniles de *C. quadricarinatus*, incluyendo en sus dietas niveles de proteína desde el 20 hasta el 55%, con un promedio de incremento entre cada dieta de 6% durante un periodo experimental de 60 días. Los resultados demostraron que la curva de crecimiento sobresaliente, se presentó con los organismos de la dieta que

contenía el nivel de 31% de proteína, siendo éste cercano al manejado en este trabajo y coincidiendo con los datos experimentales encontrados por Hernández (2000). El mismo Villarreal (1996), al trabajar con juveniles de *Cherax tenuimanus*, una especie semejante a la aquí estudiada, encontró durante un experimento de 60 días, utilizando tres dietas con inclusiones proteicas de 17, 33 y 48%, que la curva de crecimiento que mostró un mayor incremento en peso en los organismos fue la dieta conteniendo 48% de proteína, seguida del 33%. Por razones de respuesta biológica del organismo hacia el alimento balanceado expresada en su tasa de crecimiento y por el ahorro en los costos del alimento, la segunda dieta resultó ser la mejor, lo cual coincide con la presente investigación, aunque hay que considerar que a pesar de ser el mismo género, es otra especie. Por su parte Webster y colaboradores (1994), reportaron que una dieta con 33% de inclusión de proteína y 10.7% de lípidos, produjo un mayor crecimiento en juveniles de *Cherax quadricarinatus* (citado en Hernández, 2001). Finalmente, Ponce-Palafox y colaboradores (1998), encontraron en juveniles de langosta de quelas rojas, *C. quadricarinatus*, con un peso promedio de 2.0 g al igual que en pre-adultos con un peso promedio de 8.0 g, que el nivel adecuado de proteína en las dietas balanceadas fue del 35% para ambos.

De acuerdo a lo reportado por Lawrence y colaboradores (1986), en diversas investigaciones con diferentes crustáceos decápodos como *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, *P. (Farfantepenaeus) aztecus*, *P. (Farfantepenaeus) duorarum*, *P. (Litopenaeus) setiferus*, *P. (Farfantepenaeus) schmittii* y *P. (Litopenaeus) stylirostris*, se probaron niveles de inclusión del 40 a 50% de harina de soya, comparado con una dieta comercial que contenía tan sólo un 10% de harina de soya como sustituto de la harina de pescado, durante un tiempo de 12 semanas en condiciones de laboratorio y no encontraron diferencias significativas en el crecimiento y sobrevivencia entre las distintas dietas suministradas. Luego entonces, desde el punto de vista de los costos del alimento, concluyeron que es conveniente incluir el porcentaje más alto de sustitución. Adicionalmente, los autores mencionaron que es posible obtener elevadas tasas de crecimiento de llevarse a cabo el cultivo en estanques, debido a la presencia de la

productividad natural, la cual brinda un aporte extra de proteína y otros nutrimentos (citado en Martínez y colaboradores, 1996).

Lim y Dominy (1990), al evaluar dietas en juveniles de camarón blanco del Pacífico *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, con un peso promedio inicial de 1 g durante 56 días de experimentación y utilizando inclusiones de harina de soya sustituyendo parcialmente a las harinas de camarón, pescado y calamar, encontraron que los mejores pesos obtenidos fueron de 6.91, 6.77 y 6.56 g con patrones similares de crecimiento, correspondientes a los niveles de sustitución del 14, 0 y 28%. Sin embargo, el crecimiento declinó conforme aumentó el nivel de sustitución de la harina de soya del 40 al 70% y presentaron pesos de 6.15 hasta 2.34 g. En este experimento, la inclusión del 28% de la harina de soya fue considerada como una de las más eficientes, lo cual guarda una estrecha relación y se acerca al nivel del 30% manejado en el presente estudio.

A pesar de las diferencias en cuanto a metodologías utilizadas para la realización de los experimentos antes señalados, se pueden observar algunas coincidencias en los resultados, que indican que niveles de inclusión entre el 30 y el 35% de proteína en las dietas, son los más adecuados para obtener una curva de crecimiento óptima en los crustáceos decápodos.

Los resultados obtenidos en ambos experimentos durante la presente investigación, se acercan a lo encontrado en otros estudios, y es posible sustituir hasta el 30% de la proteína animal por la harina de soya. Pero tal vez, lo más relevante del presente trabajo no es la sustitución del 30% de la harina de pescado por la pasta de soya, sino la inclusión de pequeñas cantidades de hidrolizado de cabeza de camarón, lo que le brinda a las dietas una característica particular. Si comparamos el presente estudio, encontramos que la mayoría de las investigaciones se enfocan básicamente a la sustitución de la proteína de origen animal por fuentes de origen vegetal, principalmente con harina de soya, pero existe escasa información acerca del uso de quimioatrayentes, sobre todo en crustáceos decápodos de agua dulce.

Atrayentes

Viana y colaboradores (1994), analizaron el comportamiento alimenticio de juveniles del abulón, *Haliotis fulgens*, suministrando diferentes dietas en condiciones de laboratorio para evaluar la palatabilidad en un tiempo de 12 horas, a través de la ausencia o presencia de mordidas en el alimento, y la atractabilidad en 4 horas por medio del movimiento de antenas y del propio cuerpo hacía él. Por una parte, el alimento suministrado se elaboró a partir del ensilado de pescado y vísceras de abulón, y por la otra con harinas del maíz, de la microalga, *Macrocystis pyrifera* y harina de soya. El grupo de ingredientes preparado con ensilado de pescado presentó una respuesta positiva como atrayente, pero el alimento no fue palatable, sin embargo, el ensilado de vísceras de abulón despertó una mayor respuesta de atractabilidad por parte de los juveniles. La alta atractabilidad de la dieta se atribuye al ensilado, ya que éste presenta una gran cantidad de proteínas solubles y de aminoácidos libres, lo cual conduce a un mayor consumo del alimento, reflejándose en el mayor crecimiento de los organismos. El uso de ensilado de las vísceras de abulón utilizado en esta investigación, hizo que la dieta fuera más atrayente. De acuerdo con los resultados mostrados en la presente investigación, al parecer sucedió lo mismo con el ensilado de la cabeza de camarón en juveniles de *C. quadricarinatus*.

Debido a la escasez de estudios relacionados con los quimioatrayentes específicamente en los crustáceos decápodos de agua dulce, se dificulta la comparación de la eficiencia de inclusión de estimulantes en las dietas. No obstante, Harpaz (1997) reporta la eficiencia de la betaina como quimioestimulante en juveniles del langostino *Macrobrachium rosenbergii* en condiciones de laboratorio. Las dietas fueron preparadas con 30% de proteína de origen vegetal, una inclusión del 6% de lípidos y 6 ml de betaina introducidos sobre la superficie del agua de manera que se distribuyera uniformemente en el acuario para despertar la avidez en la búsqueda del alimento, excepto para el grupo control. Los resultados mostraron que el peso promedio ganado de los juveniles, a quienes se les administró el quimioatractante presentó valores de 0.655 ± 0.097 g y superó en un 17% a los del grupo control, quienes presentaron un peso de 0.561 ± 0.047 g. Lo anterior, demostró el efecto de

estimulación de la betaina que contribuyó a incrementar el consumo del alimento, reflejándose en la diferencia de pesos obtenidos al final del experimento. Estos resultados guarda una estrecha relación con los experimentos realizados en la presente investigación con respecto a la eficiencia e influencia del uso de hidrolizado como atrayente en la ganancia de peso y la aceptación del nivel de inclusión del 30% con la proteína de origen vegetal, aspecto que nos lleva a considerar la ventaja que representa la inclusión del hidrolizado como atrayente en una concentración óptima del 5% en el alimento balanceado para *C. quadricarinatus*.

A inicios de la década de los 90, Harpaz y Steiner (1990), ya habían evaluado a la betaina como quimioestimulante, sustancia capaz de iniciar y disparar el comportamiento de ingesta hacía el alimento, tanto en hembras como en machos adultos del langostino Gigante de Malasia, *Macrobrachium rosenbergii*, con peso promedio de 10 g utilizando una dosis de 2 ml de betaina aplicada por medio de una pipeta. Para registrar el comportamiento alimenticio se utilizó una cámara de vídeo para observar la secuencia de reacciones de los organismos en cada uno de sus compartimentos. Los registros consistieron en observar los movimientos antenulares, el desplazamiento del organismo hacía la pipeta y la conducta de búsqueda basándose en los movimientos de los periópodos. El estudio demostró la provocación de búsqueda que despertó el quimioestimulante, siendo el latiguelo antenular el principal indicador. En este caso, el comportamiento fue el medio para evaluar al atrayente lo cual reforzó la aceptación y viabilidad del uso de estimulantes en crustáceos, reflejándose positivamente en la ganancia de peso. Al parecer estos resultados y los encontrados en la presente investigación, demuestran que el uso de quimioestimulantes como la betaina y el hidrolizado de camarón, pudieran mejorar la atracción y la palatabilidad de las dietas balanceadas que contienen altos niveles de inclusión de proteína de origen vegetal como la harina de soya.

Frecuencia de muda y sobrevivencia

El proceso de ecdisis en los crustáceos indica de manera directa su tasa de crecimiento, ya que el organismo se debe despojar de su exoesqueleto para poder crecer, pero este proceso fisiológico fuera de ser simple, es más complejo de lo que parece. Las pruebas de ji cuadrada aplicadas al número de mudas en cada dieta no fueron significativas en ambos experimentos, lo que muestra que a pesar del contenido de las dietas experimentales evaluadas, éstas no tuvieron un efecto sobre la muda.

Los resultados de la sobrevivencia obtenida en el primer experimento, mostraron que se presentó en relación con el periodo posterior al de muda, ya que la mayor mortalidad se registró en la fase de intermuda. Lo anterior, resulta coincidente con la afirmación de Bautista (1986), quien encontró que el estrés osmótico del organismo se incrementa durante los periodos de muda, conduciéndolos en ocasiones a la muerte. Además, la baja sobrevivencia que se observó en el día 75, podría guardar una estrecha relación con el espacio insuficiente de las cámaras experimentales, puesto que los juveniles alcanzaron una mayor talla para ese periodo de tiempo, y se detectó que mermó notoriamente su capacidad locomotora, concluyendo finalmente con la muerte, registrándose una sobrevivencia de tan sólo del 33 al 50% al final del primer experimento. Aunque esta situación no totalmente clara, ya que los juveniles a quienes se les suministró la dieta con inclusión de 2.5% del hidrolizado de cabeza de camarón presentaron un 100% de sobrevivencia. Además, se presentaron resultados diferentes durante el segundo experimento, ya que a partir de la inclusión del 5% hasta 15% del hidrolizado con sustitución del 30% de harina de soya, se obtuvo una elevada sobrevivencia. Al parecer, se observa un efecto directo con respecto a la concentración del hidrolizado utilizado que puede atribuirse a la calidad nutricional del mismo.

En una aproximación con lo obtenido en el presente trabajo, Castillo y colaboradores (2002) reportaron que los juveniles de *Cherax quadricarinatus*, a quienes se les suministraron dietas balanceadas elaboradas a partir de harinas de pescado, camarón y soya

entre otros ingredientes, con inclusiones del 25, 31 y 43% de proteína, presentaron una sobrevivencia entre el 45 y 67%, aproximándose a los resultados del primer experimento, con inclusiones de proteína del orden de 30.5 a 32.5% respectivamente, pero difiriendo de los altos porcentajes de sobrevivencia obtenidos en el segundo experimento con inclusiones de 32.5 a 45%, ambos reportados en el presente trabajo.

Anson y Rouse (1996), colocaron juveniles de *C. quadricarinatus*, en cámaras individuales durante una fase experimental y al final de la misma se observó una sobrevivencia de 67 a 73%, la cual fue considerada baja. Los autores sugieren la existencia de una deficiencia alimenticia, aunada a la escasa presencia de bacterias benéficas en dichas cámaras debido a la frecuencia de limpieza realizada en ellas, lo cual podría dar una explicación más clara a la mortalidad observada en el primer experimento de este trabajo, lo que no sucedió en el segundo experimento, donde el ensilado de cabeza de camarón pudo haber jugado un papel fundamental en la nutrición de los juveniles.

Villarreal (2002), reportó un 86% de sobrevivencia en juveniles de *C. quadricarinatus* con inclusiones de proteína de origen animal del 31% y en menor medida utilizando otros ingredientes como las harinas de calamar, trigo, soya y otras. Difiriendo por los altos valores de sobrevivencia, reportados en el segundo experimento del presente estudio.

Un trabajo más, que se suma a la evidencia de efectividad de la inclusión de subproductos de camarón en las dietas para crustáceos, semejante a lo reportado en el presente trabajo, es el de Fox y colaboradores (1994), quienes registraron una sobrevivencia del 94% en los juveniles del camarón *Penaeus monodon* con la inclusión de ensilado de camarón en dietas suministradas por un periodo de 50 días, a diferencia del 88% de sobrevivencia observado en juveniles a quienes se les suministraron dietas que contenían harina de cabeza de camarón. Cabe señalar, que esta última fue elaborada secando la harina en el horno, por lo que tal vez pudo perder calidad. Con el suministro de la harina de pescado se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 77%, quedando por debajo en efectividad en comparación a las otras dietas.

Por su parte Cruz-Suárez y colaboradores (1993), encontraron altos índices de sobrevivencia de 96 a 98% en juveniles de camarón blanco del Pacífico, *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, a quienes se les suministró por 28 días dietas con inclusiones elaboradas a partir de subproductos de crustáceos como cabezas y colas con inclusiones del 3, 6 y 18%.

Según estudios realizados por Terwilliger y Dumler (2001), en los crustáceos la disponibilidad del alimento influye de sobremanera en la frecuencia de mudas, más que el incremento de la temperatura. Dicha afirmación se deriva de investigaciones realizadas en el cangrejo *Cancer magister*, al detectar mejorías del tamaño del caparazón en juveniles cultivados en aguas frías y alimentados con niveles adecuados de proteína, a diferencia de aquellos criados en condiciones de temperaturas cálidas, que no presentaron variaciones de longitud del caparazón. De esta manera la frecuencia de mudas refleja la tasa de crecimiento de los organismos. En nuestro estudio se observó una mayor frecuencia de mudas en el segundo experimento, evidenciando de esta manera que el alimento fue más adecuado para mantener una buena tasa de crecimiento, ya que la temperatura se mantuvo constante a lo largo del experimento. Sin embargo, habrá que aclarar que el tamaño de los organismos fue diferente y esto podría tener influencia en la muda.

La respuesta favorable de los crustáceos estudiados al ensilado y a la harina de soya en el alimento, probablemente se deba a la calidad empleada en términos de sus requerimientos de aminoácidos y a su elevada digestibilidad. Al parecer la combinación de ambos permitiría no sólo abaratar los costos de elaboración del alimento balanceado, sino también ofrecer una mejor calidad nutricional a los organismos en cultivo, mejorando con ello la sobrevivencia y la frecuencia de mudas, como una expresión directa de una mejor tasa de crecimiento.

Bioindicadores de crecimiento

Comparando los resultados encontrados en la presente investigación con respecto alguno de los bioindicadores de crecimiento, Villarreal (2002), encontró un comportamiento benéfico con la inclusión de 31% de proteína, porcentaje similar al utilizado en la presente investigación. Este investigador estudió los requerimientos de proteína en juveniles de *C. quadricarinatus* con niveles de 20 a 31% y 37 a 55% con un intervalo de peso de 0.2 a 0.3 g de peso inicial, y los resultados demostraron que se presentó una mejor respuesta de ganancia en peso con la dieta con 31% de inclusión proteica, con un peso final de 9,600 mg, superando a los juveniles de las dietas 20 y 25% que presentaron 8,090 y 8,160 mg respectivamente, y también a los relacionados con las dietas del más alto nivel proteico de 37 a 55% quienes registraron un peso final de 6,430 a 9,190 mg, después de 60 días de haber iniciado el experimento.

Así mismo, el trabajo de Castillo y colaboradores (2002) presentó valores parecidos a los reportados por Villarreal (2002), en ambos casos siendo consistente con las inclusiones de proteína manejada en la presente investigación. Ellos evaluaron tres dietas con inclusiones proteicas de 25, 31 y 43% en juveniles de *C. quadricarinatus* con un peso inicial de 0.02 g, al terminó del experimento que duró 60 días, concluyeron que el más alto peso final ganado fue de 9,900 mg, el cual se obtuvo con el nivel de proteína del 31%, y el nivel con menor ganancia de peso obtenido fue con la dieta 25% con un peso de 8,000 mg.

Fox y colaboradores (1994), aplicaron dietas con 6 tipos de harinas de la cabeza de camarón para suministrarlas como alimento a juveniles de *Penaeus monodon* durante 50 días, en un sistema de recirculación de agua marina, a una temperatura de 28 °C. La preparación de los desperdicios de las cabezas de camarón fue por un lado, a través de un separador comercial de hueso, proceso que permitió desprender la carne del exoesqueleto, y por otra parte el secado del material en la estufa y sometiendo el material a la luz eléctrica simulando la radiación solar, así como la aplicación del proceso de ensilado, para finalmente obtener las distintas harinas y elaborar las dietas. Los juveniles con un peso

inicial de 0.021 g y a quienes se les suministró la harina de pescado, al final del experimento obtuvieron una ganancia de peso de 0.661 g, en cambio a los organismos que tenían un intervalo de peso inicial de 0.019 a 0.022 g y que se les proporcionaron las dietas que contenían la harina de camarón, sus valores de peso final oscilaron de 0.874 a 1.047 g. En este experimento se reportaron efectos de baja estabilidad del pelet en el agua, debido a las largas cadenas de quitosano y cenizas contenido en las harinas formuladas, pero la acción benéfica del alimento en forma de pelet no disminuyó. Las dietas que se formularon con el ensilado demostraron ser mejores, coincidiendo con los experimentos llevados a cabo en el presente estudio, al menos en lo que a eficiencia del ensilado en ganancia de peso se refiere.

Hernández (2001), experimentando con juveniles de *C. quadricarinatus* encontró respuestas diferentes de peso ganado con distintos niveles de lípidos con un intervalo del 4 a 12% e inclusiones proteicas del 25 al 50%, obteniendo que los mejores crecimientos de 26.6 y 21.5 mg/día fueron obtenidos a un nivel proteico 30%, así como inclusiones de 8 y 12% de lípidos respectivamente, en comparación a los pesos registrados de 9 a 16 mg/día con inclusiones proteicas del 35 al 50% y con los mismos niveles de lípidos.

El anterior comportamiento se comprobó en el presente trabajo, ya que en el primer experimento conforme aumentó la inclusión del hidrolizado la ganancia de peso fue mayor con valores de 71.2 mg/día con la dieta D0.5, hasta alcanzar una mayor ganancia de peso con 98.8 mg/día con la dieta D2.5, la cual corresponde a un 32.5% de sustitución de harina de pescado. Esto demuestra que a mayor concentración del hidrolizado se presentó un mayor incremento en peso.

Para el segundo experimento el mejor crecimiento de 23.3 mg/día se obtuvo con la dieta D5, contrastando con la menor ganancia de peso de 18 a 21 mg/día en las dietas D10 y D15, respuesta probablemente relacionada con la eficiencia proteica ya que a inclusiones mayores de 5% generaron desviaciones de energía para desdoblar cadenas excedentes de

proteínas, lo cual trae como consecuencia el desgaste fisiológico y se refleja en bajo crecimiento del organismo.

Así mismo, el estudio de Ackefors y colaboradores (1992), difiere de lo reportado en el presente experimento, puesto en juveniles de *Astacus astacus* (Linnéo), recomienda una adición del 40% de proteína en las dietas, ya que se observaron ganancias significativas de peso con este porcentaje de inclusión al finalizar los 200 días del periodo experimental, en comparación con el comportamiento de los menos favorecidos en la ganancia de peso correspondientes a las inclusiones del 22 y 31%. Sin embargo, hay que considerar que son especies diferentes.

Meade y Watts (1995), reportaron un alto crecimiento de *Cherax quadricarinatus* que alcanzó 568.5 mg, con el suministro de la dieta conteniendo 30% de proteína y 10% de lípidos, suministrado durante 10 semanas, a diferencia del crecimiento observado en organismos del mismo lote experimental de 123.7 a 323 mg pero con el suministro de dietas comerciales con intervalos de inclusión del 30 a 67% de proteína y del 4 a 12% de lípidos.

En el primer experimento se observó un incremento gradual en el peso ganado de los juveniles, la dieta DC tuvo una ganancia de 137% y la dieta D2.5 que fue la mejor alcanzó un valor de 253%. Para el segundo experimento la dieta D5 representó la mayor ganancia de peso en porcentaje, ya que en las inclusiones mayores de 5%, se observó un decremento en el peso. Hernández (2001), quien trabajo con juveniles del *C. quadricarinatus*, reportó las mejores ganancias en peso del 910 y 569%, manejando inclusiones en las dietas con harina de soya de 30% y del 8 al 12% con lípidos, guardando correspondencia respecto a las mismas inclusiones de soya probadas con los dos experimentos realizados en la presente investigación.

Otra investigación que demostró la efectividad de la inclusión de soya pero en otro crustáceo es la referente a Floreto y colaboradores (2000), quienes evaluaron por 60 días de

experimentación los efectos de la harina de soya en dietas con inclusiones del 25, 50, 75, 87.5 y 100% para juveniles de la langosta americana *Homarus americanus* con un peso inicial de 0.07 g, y reportaron como mejor ganancia de peso un 1.83 y 1.52% con las inclusiones de 25 y 50% de soya. Observaron el decremento en peso reportando 1.40, 1.26 y hasta disminuir en un 0.40% a medida que la inclusión fue en aumento, con intervalos de sustitución de 75, 87.5 y 100% respectivamente, concluyendo que el peso de los juveniles no se afectó mientras no se rebasara el 50% de sustitución de harina de pescado, valor de inclusión elevado en comparación en los experimentos aquí realizados.

El alimento consumido individual (ACI), presentó variaciones respecto al tiempo. En el primer experimento se observó una ligera tendencia de incremento, lo que significa que a medida que los juveniles crecen, hay un mayor consumo de alimento, aunque éste no es tan definido, solamente en la dieta D2.5 este efecto se manifiesto más claramente (Figura 20). En todos los casos, al final del experimento en el día 75, se observó una caída en el consumo. Este mismo comportamiento se repitió en el segundo experimento, sin embargo, fue más obvio en la dieta D2.5 (Figura 36). Al parecer, a pesar de que las tallas y pesos de los juveniles fueron diferentes en ambos experimentos, la tendencia del consumo de alimento fue semejante, destaca el hecho, de que en ambos experimentos en las dietas en donde se incluyó el 2.5% del hidrolizado alcanzaron un mayor consumo, poniendo de manifiesto el efecto del hidrolizado sobre todo a este nivel de inclusión. En condiciones óptimas de crecimiento, el organismo a medida que incrementa su talla y peso, requiere de un aumento en el consumo del alimento, ya que sus requerimientos fisiológicos son mayores, aunque el apetito suele variar, sobre todo cuando los organismos se encuentran en estado de postmuda o bien están enfermos o estresados. La pérdida de apetito al final de ambos experimentos se puede explicar por estas causas, debido a que durante el proceso experimental los organismos mudan constantemente y son manipulados de manera continua.

Las mejores tasas específicas de crecimiento (TCE) de los juveniles de *C. quadricarinatus* en el primer experimento, se alcanzaron con la dieta D2.5 y fue de 1.7, seguida de la dieta

D2 con 1.5. Para el segundo experimento, el óptimo se encontró con la dieta D5 presentando 1.8. Los resultados anteriores parecieran diferir de los obtenidos por Villarreal (2002) y Hernández (2001), sin embargo, en cuanto a los niveles proteicos utilizados guardan similitud. Estos investigadores trabajaron con juveniles de la misma especie, el primer investigador detectó el 31% como el nivel óptimo de inclusión proteica y obtuvo la mayor tasa específica de crecimiento de 3.64. El segundo científico, además del estudio de diferentes niveles proteicos estimó inclusiones de lípidos, encontrando que la TEC más alta se obtuvo en juveniles alimentados con la dieta de inclusión del 30 y 35% de proteína y 8% de lípidos con 3.49 y 3.11 respectivamente. Los valores reportados por ambas investigaciones representan el doble de lo alcanzado en los experimentos de la presente investigación. Sin embargo, para fines de comparación debe tomarse en cuenta que los estudios del presente trabajo, se realizaron en condiciones de laboratorio en cambio las otras dos investigaciones se llevaron a cabo en estanques a cielo abierto y por consiguiente se deduce que tuvieron aportes extras de nutrimentos. Por lo tanto, de realizarse los experimentos de este estudio en estanques, en teoría, tendería a incrementar el crecimiento de los organismos por los aportes proteicos extras sumados a la eficiencia del hidrolizado.

Se reporta que los acociles en sus estadios tempranos, prefieren consumir proteína de origen animal, aunque comúnmente ingieren material de origen vegetal (Rodríguez-Serna, 1999), lo cual difiere del presente estudio, al menos en las condiciones de cultivo controlado utilizadas, ya que los resultados sugieren una aceptación del alimento con inclusiones del 30% de harina de soya. Lo anterior, hace suponer que la adición del atrayente influyó para estimular la aceptación y el consumo del alimento, y de ésta manera la asimilación de los nutrientes favoreció el crecimiento de las langostas de quelas rojas.

La tasa específica de crecimiento (TEC) en los juveniles del primer experimento, tiende a disminuir en el tiempo y en el segundo se mantiene más o menos constante (Figuras 21 y 37). Una posible explicación de este comportamiento, es que en el primer experimento, las dietas no cubrieron apropiadamente los requerimientos nutricionales de los juveniles. En contraste en el segundo experimento, al utilizar organismos más pequeños y dietas

diferentes, se observó una mejor tendencia de éste parámetro, el cual se mantuvo constante manifestando que los juveniles crecieron a una tasa continua, sugiriendo que las dietas experimentales utilizadas en el segundo experimento, se acercan más a los requerimientos nutricionales.

Indicadores de eficiencia alimentaria

Respecto a la tasa de conversión alimenticia (TCA), en el primer experimento la dieta D2.5 presentó el mejor valor (0.09:1), ya que se mantuvo dentro del intervalo de las mejores conversiones alimenticias que fueron de 0.07 a 0.09:1, a diferencia de la dieta D2 que presentó 0.11:1. En cambio, para el segundo experimento con la dieta D5 se obtuvo la mejor tasa de conversión con 1.6:1 en relación con los valores de 1.8 a 2.1:1 observado en las demás dietas (Figuras 22 y 38).

Al estimar este parámetro con juveniles de *C. quadricarinatus* Villarreal (2002), obtuvo una tasa de conversión alimenticia de 1:1 para todos los tratamientos estudiados con las diferentes inclusiones, excepto para las dietas que contenían 20 y 55% de proteína. Sin embargo, las mejores tasas de conversión se presentaron con inclusiones del 31 al 43%. Aunque éstas difieren de las tasas de conversión de ambos experimentos del presente estudio, en estos últimos las mejores tasas se obtuvieron con un 35% de inclusión.

Lim y Dominy (1990), también evaluaron la tasa de conversión alimenticia en el camarón blanco del Pacífico, *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, y se observó el mejor valor con una inclusión del 28% de la harina de soya en sustitución de las harinas de camarón, pescado y calamar. Los valores observados de 1.77 a 1.83, tuvieron correspondencia con las sustituciones de 0, 14, 42 y 56% y presentándose 2.87 en los juveniles a quienes se les suministró el alimento con un nivel del 70% de inclusión. Lo anterior demostró, que a mayor nivel de inclusión, la tasa de conversión alimenticia se incrementó y la mejor inclusión es cercana a la reportada en el presente estudio, lo cual reafirma el intervalo del nivel óptimo a emplearse.

Fox y colaboradores (1994), también sustenta la posibilidad de obtener bajas tasas de conversión alimenticia con el empleo de harinas de cabeza de camarón, sobre todo con la inclusión del ensilado. Los resultados fueron notorios con el subproducto de cabeza de camarón, puesto que con la harina de pescado se obtuvo un 3.05:1, mientras que con las harinas de camarón abarcó de 2.49 a 2.54:1 superando a todas las anteriores el ensilado con 2.45, ubicándose como la mejor TCA.

En ambos experimentos, la TCA en los juveniles de langosta *C. quadricarinatus*, registraron un comportamiento más o menos constante y al final se observó una baja en este bioindicador, que es consistente con el de alimento consumido individual, ya que presentan prácticamente el mismo comportamiento. Esto significa que al dejar de consumir alimento el valor de la TCA disminuyó, lo cual es lógico. La explicación de este comportamiento es difícil y queda la duda de porqué en la última semana en ambos experimentos disminuye el consumo del alimento, tal vez pueda ser un reflejo del estado fisiológico del organismo, expuesto a las condiciones de cultivo y manejo, que pudieron alterar su estado de estrés.

Hernández y colaboradores (2000) utilizando dietas con inclusiones del 12% y 30% de lípidos y proteína respectivamente, obtuvieron valores de TCA presentada el 1.03 en juveniles de langosta, a diferencia de lo registrado con las inclusiones del 25% y del 35 al 50% con intervalos del 5%, cuyos TCA se incrementaron de 1.14 a 1.66 respectivamente. Cuando se trata de alimentos balanceados, es necesario que la respuesta del organismo a éstos permita obtener valores bajos de TCA, lo cual significa que es posible obtener una mayor ganancia de peso con menos alimento. En los resultados obtenidos en la presente investigación los valores de TCA son bajos comparados con otros estudios, esto puede significar que las dietas balanceadas utilizadas donde se incluyó el hidrolizado de camarón, permitió una ingesta rápida y eficiente, que le brindó al organismo un estado de saciedad, por lo cual no requiere de una mayor cantidad de consumo. Por otra parte, al cubrirse los requerimientos nutricionales del organismo, su tasa de crecimiento mejoró sensiblemente.

En ambos experimentos, la tasa de eficiencia de la proteína (TEP) se mantuvo constante. Sin embargo, en las dietas DC, D0.5 y D1.0 del primer experimento se observaron variaciones bruscas al final del mismo (Figura 23). Para el segundo experimento, fueron notorios los elevados valores registrados en las dietas DC, D5, D10 y D15 (Figura 39). Estos cambios podrían estar relacionadas con el comportamiento de los otros bioindicadores anteriormente mencionados tales como el alimento consumido individual (ACI) y la Tasa de Conversión Alimenticia (TCA), ya que al disminuir el consumo de alimento, la mayoría de la proteína fue desviada para satisfacer los requerimientos de energía, tal como lo menciona Bautista (1986) quien observó que si la energía no es suficiente, la proteína es canalizada para soportar las carencias energéticas y no se utiliza para el crecimiento.

Trabajando con el camarón, *Penaeus monodon*, Fox y colaboradores (1994), evaluaron el comportamiento de la TEP con inclusiones de harina de pescado, comparado con harina y ensilado de cabeza de camarón, y encontraron que la mejor TEP se obtuvo con la última dieta con un valor de 0.079. En tanto, que con la harina de pescado se presentó una TEP de 0.069 y con la harina del camarón fue de 0.076 a 0.077, lo cual comprueba que la disponibilidad de los aminoácidos del ensilado de camarón mejora sensiblemente la asimilación de la proteína. En este sentido se puede establecer que el uso de ensilados e hidrolizados mejoran la asimilación de la proteína, ya que este producto contiene moléculas más pequeñas como los aminoácidos que son más fácilmente asimiladas por el organismo.

Al evaluar el comportamiento de juveniles de camarón, *Penaeus vannamei* Lim y Dominy (1990) con dietas formuladas a partir de harinas de camarón, de pescado y del calamar sustituidas por la harina de soya, detectaron que la mejor tasa de eficiencia proteica (TEP) fue del 1.61, la cual se obtuvo con la inclusión del 42%. La TEP de 0.83 considerada como la más baja, se presentó con una inclusión del 70%, seguida del 1.48 observado con la inclusión del 56%, los valores que oscilaron de 1.48 a 1.53 correspondieron a las inclusiones del 0 al 28%. La aceptación del nivel de inclusión con 30% de los dos

experimentos desarrollados en el presente estudio, fue distinta al 42% obtenido en el anterior trabajo, considerada como mejor respuesta, sin embargo, habría que considerar las diferencias que presentan las especies marinas con respecto a las de agua dulce.

La tasa de eficiencia proteica encontrada en estos experimentos mostró valores más altos en el primer experimento, lo que indica que el aprovechamiento de las fuentes de proteína se ve estimulado por una mayor inclusión del hidrolizado de camarón, debido a sus características que favorecen la digestibilidad de la proteína. El incremento de la TEP para el primer experimento con las dietas DC, D0.5 y D1.0 en el día 75, correspondiente al último muestreo biométrico, indican una efectiva utilización de la proteína que debería reflejarse en la ganancia de peso, sin embargo, se observó únicamente con los organismos de la dieta control, la eficiencia proteica de los juveniles de las restantes dietas se mantuvo homogénea. Si bien los organismos de la dieta D2.5, no presentaron elevada eficiencia proteica, si obtuvieron un incremento notorio respecto al peso, debido al elevado consumo de alimento registrado el día 60. Respecto a los valores registrados en este bioindicador, se asemejan más a lo reportado por Adiasmara y colaboradores (1997), quienes al suministrar dietas con la vitamina (piridoxina), con una inclusión de 200 mg/kg de alimento y un nivel del 49% de proteína a juveniles de *Penaeus japonicus* por 10 semanas, donde detectaron un incremento de la tasa de eficiencia proteica la cual se reflejó directamente en la ganancia de peso.

En el caso del segundo experimento la TEP se mantuvo homogénea en los primeros ocho muestreos biométricos, en cambio para el último muestreo, el incremento fue notorio en los organismos de todas las dietas. Cabe destacar la relación existente en los muestreos cuarto y segundo, con respecto al peso de las dietas DC y D5.0. Lo descrito con anterioridad guarda estrecha relación con lo reportado por Adiasmara (*op. cit.*), quienes señalan que si los organismos presentan un mejor aprovechamiento de proteína, esto implica una mayor ganancia de peso.

Los resultados de ambos experimentos también son consistentes a los descritos por Ponce-Palafox y colaboradores (1999), quienes reportaron que a medida que se aumenta el nivel de inclusión de origen proteico en las dietas suministradas a los juveniles del *Cherax quadricarinatus* la tasa de eficiencia proteica es mayor.

CONCLUSIONES

1.- La calidad del agua en ambos experimentos, se mantuvo en los niveles adecuados y no se presentó un efecto negativo que pudiera afectar el desarrollo y la tasa de crecimiento, o bien la mortalidad de los juveniles de la langosta de quelas roja *Cherax quadricarinatus*, quedando la respuesta de éstos factores sujetos a las dietas balanceadas suministradas.

2.- Las dietas con niveles de inclusiones del 30% de harina de soya y 2.5% y 5% del hidrolizado de cabeza de camarón, resultaron ser las que presentaron la mejor respuesta al crecimiento de los juveniles, de acuerdo con los bioindicadores de crecimiento y eficiencia alimentaria evaluados.

3.- El nivel de proteína adecuado para los juveniles de langosta de quelas roja, se ubicó entre el 30 y 35% de proteína de la dieta. La fracción utilizada en ambos experimentos resultó ser adecuada para cubrir requerimientos nutricionales y fisiológicos de esta especie, corroborando con ello lo reportado en otras investigaciones.

4.- El presente estudio, demostró que el hidrolizado de cabeza de camarón tiene un efecto quimioatrayente, favoreciendo el mayor consumo del alimento, aun cuando se incluya 30% de pasta de soya. Este resultado, supone también, que el mismo hidrolizado mejoró la palatabilidad de las dietas. El mejor porcentaje de inclusión del hidrolizado de cabeza de camarón fue del 5% en la dieta.

5.- En los experimentos quedó demostrado que la alta frecuencia de mudas, guarda una estrecha relación con la calidad proteica del alimento. En los experimentos realizados en la presente investigación no se observaron diferencias significativas en el número de mudas.

6.- La sobrevivencia del segundo experimento resultó ser alta comparada con otros estudios realizados en otros crustáceos decápodos e incluso con la langosta de quelas rojas.

7.- Al parecer los niveles de energía proporcionados en el alimento, contribuyeron a mantener una elevada sobrevivencia en los juveniles de langosta, contribuyendo también el hidrolizado de cabeza de camarón, que permitió lograr un balance adecuado de aminoácidos esenciales en las dietas.

8.- La respuesta favorable de los juveniles de langosta estudiados en la presente investigación, probablemente se deba a la calidad del alimento utilizado y al parecer la combinación de la pasta de soya y el hidrolizado de cabeza de camarón, permite lograr un balance adecuado en la dieta.

9.- El procesamiento de las cabezas de camarón por medio del ensilado, resulta efectivo para obtener tasas de crecimiento y sobrevivencia en organismos acuáticos de importancia comercial, semejante al obtenido con el alimento vivo.

10.- La aceptación de las dietas con el hidrolizado fue mayor a la del control, a excepción de las inclusiones 1 y 10% del primer y segundo experimento respectivamente.

11.- Los resultados observados en los bioindicadores de crecimiento y de eficiencia alimentaria en los juveniles de langosta, demostraron que al menos en condiciones controladas de laboratorio, dietas con inclusiones del 30% de proteína de origen vegetal en este caso la pasta de soya cubren satisfactoriamente sus requerimientos.

12.- El empleo de contenedores contuvo la práctica del canibalismo propia de este organismo y permitió que los registros de mudas correspondientes a cada uno de los organismos de las respectivas dietas fuera evaluada correctamente. No obstante, al parecer al mantener una limpieza absoluta de los contenedores existe un efecto sobre el organismo, ya que se eliminan las bacterias que son útiles para mantener una mejor condición fisiológica del organismo. Tampoco, se descarta que el manejo constante de los organismos y de las actividades de limpieza del sistema puedan tener un efecto marcado sobre los organismos acentuando su estado de estrés.

LITERATURA CITADA

- Ackefors, H., Castell, J.D., Raty, L.D.P. and Svensson, M. 1992. Standard experimental diets for crustacean nutrition research. II. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* (Linné) fed diets containing various amounts of protein, carbohydrate and lipid. *Aquaculture*, 104: 341-356.
- Adiasmara, G.I.N., Teshima, S., Kanazawa, A. and Ishikawa, M. 1997. Effects of dietary pyridoxine and protein levels on growth, vitamin B₆ content, and free amino acid profile of juvenile *Penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 157: 263-275.
- Alceste-Cesar, C. 2000. Tilapia-Alternative protein sources in Tilapia feed formulation. *Aquaculture Magazine*, 26 (4): 1-3.
- Anson, K.J and Rouse, D.B. 1996. Evaluation of several commercial feeds a crustacean reference diet for juvenile Australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Journal of Applied Aquaculture*, 6 (1): 65-76.
- Arredondo, F.J.L., Inclán, S.A., Palafox, P.J. y Campos, V.R. 1994. *Desarrollo científico y tecnológico del cultivo de la langosta de agua dulce (Cherax quadricarinatus)*, Secretaría de Pesca, México, D.F. 90 pp.
- Baduin, D.S. 1990. *Química de los alimentos*. Editorial Alhambra Mexicana. México D.F. 648 pp.
- Bages, M. and Sloane, L. 1981. Effects of dietary protein and starch levels on growth and survival of *Penaeus monodon* (Fabricius) postlarvae. *Aquaculture*, 25: 117-128.
- Barbato, J.C. and Peter, D.C. 1997. Chemosensory activation of an antennular grooming behavior in the Spiny Lobster, *Panulirus argus*, is tuned narrowly to L-Glutamate. *Biol. Bull.*, 193: 107-115.

- Barki, A.L.T., Shrem, A. and Karplus, I. 1997. Ration and spatial distribution of feed affect survival, growth, and competition in juvenile red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in the laboratory. *Aquaculture*, 148: 169-177.
- Bataille, M.P. and Pierre, F.B. 1983. Extraction of proteins from shrimp processing waste. *J. Chem. Tech. Biotechnol*, 33B: 203-208.
- Bautista, M.N. 1986. The response of *Penaeus monodon* juveniles to varying protein/energy ratios in test diets. *Aquaculture*, 53: 229-242.
- Berge, G., Grisdale-Helland, M. and Helland, S.J. 1999. Soy proteins concentrate in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus*). *Aquaculture*, 178: 139-148.
- Campabadal, C. y Celis, A. 1996. Factores que afectan a la calidad de los alimentos acuícolas. *In: Avances en nutrición Acuícola III*. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 1996. Cancún. Quintana Roo, México.
- Cancellieri, P.J., Burkholder, J.M., Nora, J., Deamer-Melia, A. and Glasgow, H.B. 2001. Chemosensory attraction of zoospores of the estuarine dinoflagellates, *Pfiesteria piscicida* and *P. shumwayae*, to finfish mucus and excreta. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 264: 29-45.
- Cardinale, G. (Hilversum, NL); Pittet, A. O. (Keyport, NJ); Lee, P. G. (Galveston, TX); Ellis, J. C. (Tacoma, WA); McCliment, E. A. (Galveston, TX) Assignee: International Flavors & Fragrances Inc. (New York, NY); Board of Regents, University of Texas System (Austin, TX) Appl. No.: 083967Filed:. United States Patent 5,887,548. March 30, 1999 Patente.
- Carrillo, O., Vega-Villasante, F., Nolasco, H. y Gallardo, N. 2000. Aditivos Alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón *In: Cruz-Suárez L.E, Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Olvera-Novoa M.A., y Civera-Cerecedo R. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola V*. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 de Noviembre. 2000. Mérida, Yucatán, México.

- Castillo-Corella, E., Cisneros-López, M., Ortiz-Serrano, L. y Jover-Cerda, M. 2002. Evaluación de dietas proteicas en precrías de Langosta de Agua dulce (*Cherax quadricarinatus*). I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (CIVA), 1-5 p. 2002. <http://www.civa2002.org>.
- Cifuentes-Lemus, J.L., Torres- García, Ma. D.P., y Frías, M.M. 1997. El océano y sus recursos XI Acuicultura. La ciencia para todos, La ciencia desde México. Ed. Fondo de Cultura Económico 128 pp.
- Cira, L.A., Huerta, S., Hall, G.M and Shirai, K. 2002. Pilot scale lactic acid fermentation of shrimp wastes for chitin recovery. *Process Biochemistry*, 37 (12): 1359-1366.
- Clark, D.J, Lawrence, A.L. and Swakon, D.H.D. 1993. Apparent chitin digestibility in penaeid shrimp. *Aquaculture*, 109: 51-57.
- Collins, A.R.S. 1975. Biochemical investigation of two responses involved in the feeding behavior of *Acanthaster planci* (L.). II. Isolation and Characterization of chemical stimuli. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 17: 69-86.
- Conklin, D.E. 1997. Vitamins. Crustacea nutrition. In: D' Abramo, L.R., Conklin, D.E. and Akiyama, D.M. (Eds.). *Advances in World aquaculture*. World Aquaculture Society, 6: 123-149.
- Cortés, E.J., Villareal, C.H. y Rendón, R.M. 2002. Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). I Congreso Ibeoramericano Virtual de Acuicultura, CIVA, 882-890 p. <http://www.civa2002.org>.
- Costa-Pierce, B.A and Laws, E.A. 1985. Chemotactically-active feed additive for prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). *Prog. Fish-Cult.*, 47 (1): 59-61.
- Coyle, S., Najeeullah, T. and Tidwell, J. 1996. A preliminary evaluation of naturally occurring organisms, as food for juvenile Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Applied Aquaculture*, 6 (2): 27-45.

- Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Martinez-Vega, J.A. y Wesche-Ebeling, P. 1993. Evaluation of two shrimp by-product meals as protein source in diets for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 115: 53-62.
- Cruz-Suárez, L. 1996. Digestión en camarón y su relación con formulación y fabricación de alimentos balanceados. *In: Avances en nutrición Acuícola III*. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 1996. Cancún. Quintana Roo, México.
- Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Marin-Saldívar, L.F., Guajardo-Barbosa, C., Nieto-López, M., y Salinas-Miller, A. 2002. Historia y estatus actual de la digestibilidad y algunas características fisico-químicas de los alimentos comerciales para camarón usados en México. *In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M.G Simoes, N. (Eds.) Avances en nutrición acuícola VI*. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Cuzon, G., Guillaume, J. and Cahu, C. 1994. Review. Composition, preparation and utilization of feeds for crustacea. *Aquaculture*, 124: 253-267.
- D'Abramo, L.R. and Lovell, R.T., 1991. Aquaculture Research Needs for the year 2000: Fish and crustacean nutrition. *World aquaculture*, 22 (2) 57-62.
- Davis, D.A. and Arnold, C.R. 2000. Replacement of fishmeal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 185: 291-298.
- Dias, J., Emidío, F.G. and Sadasivam, J.K. 1997. Improvement of feed intake through supplementation with an attractant mix in European seabass fed plant-protein rich diets. *Aquat. Living. Resour.*, 10: 385-389.
- El-Sayed, A.F.M. 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* *Aquaculture*, 179: 149-168.

- Elangovan A. and Shim, K.F. 2000. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*). *Aquaculture*, 189: 133-144.
- Encomendero, Y.E. y Uchpa, M.F. 2002. Producción de ensilado biológico de subproductos de Concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), *I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. (CIVA), p 292-298. <http://www.civa2002.org>.
- Fagbenro, O.A and Bello-Olusoji, O.A. 1997. Preparation, nutrient composition and digestibility of fermented shrimp head silage. *Food Chemistry*, 60 (4): 489-493.
- FAO, 2000. Estadísticas de la producción acuícola, Servicios de información, datos y estadísticas de Pesca, FAO Roma. 293 pp. www.semarnat.gob.mx/acuicultura.
- FAO, 2000; [w³ Indexof/ pesquerias/Pesca/FAO/sofia/sofia](#)
- Fernández-Luna, I., Oliva, M., Carrillo, O. and Van Wormhoudt, A. 1997. Digestive enzyme activities of *Penaeus notialis* during reproduction and moulting cycle. *Comp. Biochem. Physiol.*, 118a: 1267-1271.
- Floreto, E.A.T., Bayer, R.C. and Brown, P.B. 2000. The effects of soybean-based diets, with and without amino acid supplementation, on growth and biochemical composition of juvenile American lobster, *Homarus americanus*. *Aquaculture*, 189: 211-235.
- Fox, C.J., Blow, P., Brown, J.H and Watson, I. 1994. The effect of various processing methods on the physical and biochemical properties of shrimp head meals and their utilization by juvenile *Penaeus monodon* Fab. *Aquaculture*, 122: 209-226.
- Furuya, V.R.B, Wilson, M.F., Carmino, H. y Caludemi, M.S. 2000. Niveles de inclusión de harina de girasol en la alimentación de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en etapa juvenil. *Zootécnia Tropical*, 18 (1): 1-10.

- Gallagher, M.L. 1994. The use of soybean meal as a replacement for fishmeal in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* x *M. chrysops*). *Aquaculture*, 126 (1-2): 119-127.
- Goldblatt, M.J., Conkli, D.E and Brown, W.D. 1980. Nutrient leaching from coated crustacean rations. *Aquaculture*, 19: 383-388.
- Gomes, E.F., Rema, P. and Kaushik S.J. 1995. Replacement of fishmeal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digestibility and growth performance. *Aquaculture*, 130: 177-186.
- Harada, K., Miyasaki, T., Kawashima, S. and Shiota, H. 1996. Studies on the feeding attractants for fishes and shellfishes. XXVI. Probable feeding attractants in allspice *Pimenta officinalis* for black abalone *Haliotis discus*. *Aquaculture*, 140: 99-108.
- Harpaz, S. and Steiner, J.E. 1990. Analysis of Betaine-Induced feeding behavior in the prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 58 (2): 89-93.
- Harpaz, S. 1997. Enhancement of growth in juvenile freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*, through the use of a chemoattractant. *Aquaculture*, 156: 221-227.
- Hernández, V.M.P., Rouse, D.V., Olvera, M.A. 2000. Effect of dietary protein-lipid ratios on survival and growth of Australian crayfish (*Cherax quadricarinatus*) hatchlings and juveniles. *In: Proceedings of the thirteenth Symposium of the International Association of Astacology. Perth Western Australian 6-12 August, 2000.* Edited by Glen J. Whisson & Brenton Knott.
- Hernández, V.M.P. 2001. Contribución al conocimiento de los requerimientos nutricionales del cangrejo de río, *Cherax quadricarinatus* von Martens. Tesis Doctoral. Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida.
- Jobling, M. 1994. *Fish Bioenergetics*. The Norwegian College of Fishery Science University of Tromso, Norway. Eds. Chapman & Hall. 309 pp.

- Johnson, B.R. and Jelle, A. 1986. Chemical stimulants for a component of feeding behavior in the common gulf-weed shrimp *Leander tenuicornis*. *Biol. Bull.*, 170: 1-10.
- Jones, C. and Burke, J. 1990. Water quality crucial to production. In: Macreadle, M. (Ed.) *Aquaculture special: Redclaw. Australian Fisheries*, 49 (11): 21-23.
- Jones, C.M. 1990. The biology and Aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. In: *Queensland Department of Primary Industries information series QI90028*.
- Jones, C.M. 1995. Production of juveniles redclaw crayfish. *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, parastacidae) III. Managed pond production trials. *Aquaculture*, 138: 247-255.
- Jussila, J. and Mannonen, A. 1997. Marron (*Cherax tenuimanus*) and noble crayfish (*Astacus astacus*) hepatopancreas energy and its relationship to moisture content. *Aquaculture*, 149: 157-161.
- Kibria, G., Lam, P., Fairclough, R. and Nunegoda, D.F. 1997. Australian native freshwater fish and crustaceans: Environmental role and aquaculture potential. *World Aquaculture*, 28 (4): 56-62.
- Kikuchi, K. 1999. Use of defatted soybean meal as a substitute for fishmeal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Research*, 29: 709-715.
- Lee, L.A. 2003. Requerimientos de proteína y aminoácidos esenciales para el camarón marino. *Panorama Acuicola Magazine*. Julio/Agosto del 2003 Vol. 8 No. 5.
- Lim, C. and Dominy W. 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 87: 53-63.
- Loya-Javellana, G.N., Fielder, D.R. and Thorne, M.J. 1993. Food choice by free-living stages of the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae: Decapoda). *Aquaculture*, 118: 299-308.

- McCoy II, D.H. 1990. Fishmeal-The critical ingredient in aquaculture feeds. *Aquaculture Magazine*, 16, (2): 43-50.
- Mackie, A.M. and Shelton, R.G.J. 1972. A whole-animal bioassay for the determination of the food attractants of the lobster *Homarus gammarus*. *Marine Biology*, 14: 217-221.
- Marques de Cantú, M. J. 1991. Probabilidad y estadística para Ciencias Químico-Biológicas. Ed. McGrawHill, México. 657 pp.
- Martínez-Palacios, C.A., Chávez-Sánchez, M.C., Olvera-Novoa, M.A., Abdo de la Parra, M.I. 1996. Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en la acuicultura. *In: Avances en nutrición Acuícola III*. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 1996. Cancún. Quintana Roo, México.
- Meade, M.E and Watts, S.A. 1995. Weight gain and survival of juvenile Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* fed formulated feeds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26 (4): 469-474.
- Medley, B.P., Jones, M.C and Avault, J.W. 1994. A global perspective of the culture of Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*: production, economics and marketing. *World Aquaculture*, 25 (4): 6-13.
- Mendoza, R. 1993. Utilización de fuentes de proteína no convencionales y reciclamiento de subproductos para acuicultura. Memorias del Curso Teórico Práctico sobre Extrusión y sus Aplicaciones en Nutrición Animal. Monterrey, N.L. México. 12 -13 Ago., 1993. 29 pp. *In: Cruz, E, Ricque, D. y Mendoza, R. (editores)*. Asociación Americana de Soya editorial.
- Mendoza, R., Montemayor, J., Verde, J., y Aguilera, C. 1996. Quimioatracción en crustáceos: papel de moléculas homólogas. Avances en nutrición Acuícola III. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 1996. Cancún. Quintana Roo, México.

- Métailler, R., Cadena-Roa, M. and J. Person-Le Ruyet. 1983. Attractive chemical substances for the weaning of dover Sole (*Solea vulgaris*): Qualitative and Quantitative approach. *J. World Maricul. Soc.*, 14: 679-684.
- Meyers, S.P. 1986. Utilization of shrimp processing wastes. *INFOFISH Marketing Digest* 4: 18-19.
- Moreau, Y., Arredondo, J.L. Perraud-Gaime, I. and Roussos, S. 2003. Dietary utilization of protein and energy from fresh and ensiled coffee pulp by the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(2): 223-231.
- N.R.C. 1993. *Nutrients requirements of fish*. New York, USA: National Academy Press.
- Oikawa, C.K and March, B.E. 1997. A method for Assessment of the Efficacy of feed attractants for fish. *The Progressive Fish-Culturist*, 59: 213-217.
- Olvera-Novoa, M.A., Campos, G.S., Sabido, G.M and Martínez-Palacios, C.A. 1990. The use of alfalfa leaf protein concentrates as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, 90: 291-302.
- Olvera, M.A. Pereira, F., Olivera, L., Pérez, V., Navarro, L. and Sásamo, J.C. 1997. Cowpea (*Virginia unguiculata*) protein concentrates as replacement for fishmeal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquaculture* 158: 107-116.
- Olvera-Novoa, M.A., Dominguez-Cen, L.J., Olivera-Castillo, L. 1998. Effect of the use of the microalgae *Spirulina máxima* as fishmeal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. *Aquaculture Research*, 29: 709-715.
- Orellana-Tandazo, A. P. 2000.: Efecto de diferentes niveles de salinidad y balances proteína/energía en el crecimiento del *Penaeus vannamei*. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Machala, Ecuador, 105 pp.
- Peterson, G.L. 1977. A simplification of the protein assay method of lowry et al which is more generally applicable. *Analytical Biochemistry*, 83: 346-456.

- Plascencia, J.M. 2000.. Recuperación de proteínas a partir de desechos de camarón y su aplicación en dietas para acuicultura. Tesis de Maestría en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, 106 pp.
- Plascencia, J.M., Olvera-Novoa, M.A., Arredondo-Figueroa, J.L., May, G.M. and Keiko Shirai. 2002. Feasibility of fishmeal replacement by shrimp head silage protein hydrolysate in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 1-7.
- Ponce-Palafox J.T., Arredondo-Figueroa J.L. and Moreno-Rodriguez M.A. 1998. The effects of varying dietary protein levels on growth and survival of juvenile and pre-adult redclaw (*Cherax quadricarinatus*) *In: The biodiversity crisis and crustacea: Proceedings of the fourth international crustacean congress, Amsterdam the Netherlands, July 20-24, 1998.* Edited by J. Carel Von Vaupel Kgin and Frederick R. Schram. A.A Balkema/Rotterdam/Brookfield/1999.
- Raa, J. and Gildberg, A. 1982. *Fish silage: A review.* CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. pp: 383-419.
- Reigh, R.C. and Ellis, S.C. 1992. Effects of dietary soybean and fish-protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. *Aquaculture*, 104: 279-292.
- Rodríguez-Serna, M., Olvera-Novoa, M.A y Carmona, O. C. 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquaculture Research*, 27: 67-73.
- Rodríguez-Serna, M. 1999. Biología y sistemática de los Cambáridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, 101 pp.
- Rodríguez-Serna, M. y Carmona, O.C. 2002. Balance energético de Acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea:Astacidae: Cambaridae) pérdida de energía en la tasa metabólica., *I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (CIVA)*. Pp. 932-938.

- Rosas, V.C. 1996. Bioenergética de camarones peneidos: Una forma de comprender los mecanismos fisiológicos involucrados en la nutrición. *In: Avances en nutrición Acuícola III*. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 1996. Cancún. Quintana Roo, México.
- Rouse, D.B. 1998. Aquaculture development for the Australian redclaw crayfish. Pp. 35-40. *In: Arredondo Figueroa, J.L. (Ed). Memorias de la planta Experimental de Producción Acuícola a cinco años de su creación*. UAM-Iztapalapa.
- Sadiku, S.O.E and Jauncey, K. 2002. Utilization of enriched soybean flour by *Oreochromis niloticus*. *Journal of Aquaculture in the tropics*, 17(2): 67-79.
- Sharif, A.M., Chaudhari, A. and Sahu N.P. 2000. Changes in proteolytic and amylolytic activities in *Macrobrachium rosenbergii* post larvae fed on fish silage based diet. *J. Aqua. Trop.*, 15 (3): 243-252.
- Shirai, K. and Hall, G.M. 1996. *Utilization of prawns waste for recovery of chitin by lactic acid bacteria*. Technical report. March 7-21, 1996. Loughborough University of Technology.
- Shirai, K., Guerrero, I., Huerta, S., Saucedo, G., Castillo, A., González, R.B. and Hall, G.M. 2001. Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilation. *Enzyme and Microbial Technology*, 28: 446-452.
- Smith, D.M, Allan, G.L, Williams, K.C and Barlow, C. 2000. Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia. *In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A y Civera Cerecedo, R., (Eds.) Avances en nutrición Acuícola V*. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre 2000, Mérida, Yucatán, México.
- Solar, I. 2002. Biotecnología aplicada a la acuicultura. *Aquanoticias*, pp. 6-10.
- Sola, C. and Tongiorgi, P. 1998. Behavioral responses of glass eels of *Anguila anguila* to non-protein amino acids. *Journal of Fish Biology*, 53: 1253-1262.

- Steele, C.W., Scarfe, A.D and Owens, D.W. 1991. Effects of group size on the responsiveness of zebrafish, *Brachydanio rerio* (Halminton Buchanan). To alanine, a chemical attractant. *Journal of Fish Biology*, 38: 553-564.
- Stephen, W.J. y Smith, M.A. 1981. *El ensilaje*. Editorial CECSA, México, 183 pp.
- Tacon, A.G.J, Webster, J.L and Martinez, C.A. 1984. Use of Solvent extracted sunflower seed meal in complete diets for fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Aquaculture*, 43: 381-389.
- Tacon, A.G.J., 1987. *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – A training manual. 1. the essential nutrients*. FAO Field Document, Project GCP/RLA/075/ITA; Field Document N. 2/E, Brasilia, Brazil, 117 p.
- Tandler, A., Berg, B.A. and Kissil G.W,M. 1982. Effect of food attractants on appetite and growth rate of gilthead bream, *Sparus auratus* L. *J. Fish Biol.*, 20: 673-681.
- Teruya, T., Kiyotake, S., Tomoyuki, K., Yoshikatsu, N. and Daisuke, U. 2001. Arachidonic acid and α -linolenic acid, feeding attractants for the crown-of-thorns sea star *Acanthaster planci*, from the sea urchin *Toxopneustes pileolus*. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, 266: 123-134.
- Terwilliger, N.B and Dumler, K. 2001. Ontogeny of Decapod Crustacean Hemocyanin: Effects of Temperature and Nutrition. *The Journal of Experimental Biology*, 204: 1013-1020.
- Torrissen O., Tidemann, E., Hansen, F. and Raa, J. 1981/1982. Ensiling in acid- a method to stabilize astaxanthin in shrimp processing by-products and improve uptake of this pigment by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 26: 77-83.
- Vega-Villasante, F., Nolasco-Soria, H., Civera-Cerecedo, R., González-Valdés, R., y Oliva-Suárez, M. 2000. Alternativas para la alimentación del camarón en Cultivo: El manejo de la muda. *In*: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-

- Cerecedo, R. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V*. Memorias del V Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.
- Viana, M. T, Cervantes-Trujano, M. y Solana-Sansores, R. 1994. Attraction and palatability activities in juvenile abalone (*Halotis fulgens*): nine ingredients used in artificial diets. *Aquaculture*, 127: 19-28.
- Villareal-Colmenares, H. 1996. Evaluación del potencial de cultivo de la Langosta de agua dulce Australiana *Cherax quadricarinatus* en función de su eficiencia bioenergética. Memorias del 3er Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 11-13, 1996. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L., México. En prensa.
- Villareal-Colmenares, H. 2002. Avances en la nutrición de *Cherax quadricarinatus*. In: Cruz-Suárez, L. E. Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M. Gaxiola-Cortés, M.G Simoes, N. (Eds.) *Avances en nutrición Acuícola VI*. Memorias del VI Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún. Quintana Roo, México.
- Viola, S., Mokady, S., Rappaport, U. and Arieli, Y. 1981/1982. Partial and complete replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp. *Aquaculture*, 26: 223-236.
- Xiao, X.C. and Brett, F.E. 2001. Red claw aquaculture China. *Aquaculture Magazine*, 27 (6): 41-44.
- Zaldivar, L.F.J. 2002. Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M.G. y Simoes, N. (Eds.). *Avances en nutrición Acuícola VI*. Memorias del VI Symposium Internacional de Nutrición Acuícola 3 al 6 de Septiembre del 2002, Cancún, Quintana Roo, México.