



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**“Evaluación del amaranto y la quinua como fuentes
reemplazantes a la harina de pescado en dietas para
juveniles *Litopenaeus vannamei*”**

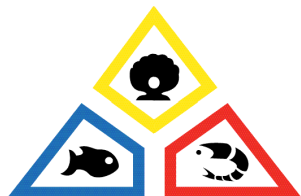
Tesis de Grado
Previa a la obtención del título de:

MAGISTER EN CIENCIAS

Presentada por:
Ricardo Mariano Cárdenas Rivas

Guayaquil – Ecuador
2004

TESIS ELABORADA CON EL SOPORTE DE:



FUNDACIÓN CENAIM-ESPOL



COOPERACIÓN TÉCNICA BELGA



**UNIVERSIDAD DE GANTE
BÉLGICA**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE LOVAINA – BÉLGICA**

VITA

Ricardo Mariano Cárdenas Rivas de nacionalidad Nicaragüense nació el 8 de Septiembre de 1971 en la ciudad de Chinandega, hijo de Ramiro G. Cárdenas Morales y Nila Rivas de Cárdenas. Graduado como Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de Managua en Febrero de 1997. En Agosto de 1998 inició a laborar en la Empresa Nicaragua Camaronera ubicada en el Departamento de Chinandega donde se mantuvo laborando hasta en Agosto de 1999, incorporandose en Septiembre del 2002 al Programa de Maestría en Acuicultura Marina organizado por la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la Escuela Superior Politécnica del Litoral del Ecuador.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

Ricardo Cárdenas Rivas

TRIBUNAL DE TESIS

Presidente del Tribunal

César Molina, M.Sc.**Director de Tesis**

Laurence Massaut, Ph.D.**Miembro del Tribunal**

Jorge Calderón V., Ph.D.**Miembro del Tribunal**

Stanislaus Sonnenholzner, Ph.D.**Miembro del Tribunal**

AGRADECIMIENTOS

- A Dios Padre y la Virgen Maria, por tantas gracias concedidas y por ser durante todo este tiempo espíritus de ciencia, consejo y fortaleza.
- A mis padres Ramiro y Nila, por sus sabios consejos y por todo ese apoyo que un hijo necesita.
- A Laurence Massaut (Ph.D.) por darme la oportunidad de ser incluido en el Programa de Maestría y por su ayuda durante las clases.
- A César Molina (M.Sc.) por su ejemplo de responsabilidad y su invaluable ayuda en la preparación de esta tesis.
- A Yela Paredes, por su gran ayuda durante la realización de los análisis en el laboratorio.
- A mis compañeros, Sara, Maria Elena, Edgar y Juan, por todos esos buenos y malos momentos que compartimos juntos.
- A los investigadores y técnicos de la Fundación CENAIM-ESPOL por transmitir sus experiencias y principalmente sus conocimientos en las clases.
- A Cecilia Campoverde por facilitarme la información para la realización de este trabajo.
- Al grupo de M5, por los momentos alegres compartidos juntos.

DEDICATORIA

*“Esta tesis está dedicada a los seres
que durante todo este tiempo lograron
encender en mi vida la chispa de la
perseverancia y la paciencia,
para que la llama del
entusiasmo permaneciera
siempre ardiendo”*

*Con todo mi amor,
a mi esposa Juanita
y a mis hijitos
Marcelo y Marianita.*

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xi
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. LA ACUICULTURA Y LA HARINA DE PESCADO	4
2.2. EL USO DE LA HARINA DE PESCADO EN LOS ALIMENTOS ACUÍCOLAS.....	6
2.3. FUENTES ALTERNATIVAS A LA HARINA DE PESCADO.....	8
2.3.1. Harina de leguminosas	8
2.3.2. Harina de oleáginosas	12
2.3.3. Productos derivados de granos y cereales	13
2.3.4. Potencial de sub-productos avícolas	15
2.3.5. Harinas de carne, hueso y sangre.....	16
2.4. EL AMARANTO Y LA QUINUA COMO NUEVAS FUENTES PROTEICAS.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. ELIMINACIÓN DE LA SAPONINA.....	21
3.2. EXTRACCIÓN DE ACEITE DEL AMARANTO	21
3.3. ELABORACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	21
3.4. ANÁLISIS BIOQUÍMICOS.....	23
3.5. ESTABILIDAD DE LAS DIETAS.....	24
3.6. ENSAYO DE CRECIMIENTO	24
3.7. ENSAYO DE DIGESTIBILIDAD.....	26
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
4. RESULTADOS.....	28
4.1. PARÁMETROS ABIÓTICOS.....	28
4.2. EVALUACIÓN DEL AMARANTO	28
4.2.1. Supervivencia	28
4.2.2. Factor de conversión alimenticia	28
4.2.3. Ganancia en peso	29
4.2.4. Tasa de crecimiento	30
4.2.5. Tasa de eficiencia proteica	30
4.2.6. Tasa de ingestión	30
4.3. EVALUACIÓN DE LA QUINUA.....	31
4.3.1. Supervivencia	31
4.3.2. Factor de conversión alimenticia	31
4.3.3. Tasa de crecimiento específica	31
4.3.4. Tasa de eficiencia proteica	32

4.3.5. Tasa de ingestión	32
4.4. DIGESTIBILIDAD DEL AMARANTO Y LA QUINUA.....	33
5. DISCUSIÓN	37
5.1. AMARANTO.....	37
5.2. QUINUA.....	44
6. CONCLUSIONES.....	52
7. RECOMENDACIONES.....	53
8. BIBLIOGRAFIA.....	54
ANEXO	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Proyección de uso estimado de harina de pescado en 1994 y 2010 por sector.....	7
Figura 2: Peso promedio de camarones obtenido al final de ocho semanas de alimentación con amaranto y quinua a cuatro niveles de reemplazo de la proteína de la harina de pescado.....	34
Figura 3: Digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) para las dietas con niveles de reemplazo de 15, 25, 35 y 45% de harina de pescado por amaranto.....	35
Figura 4: Digestibilidad aparente de proteína (DAP) para las dietas con niveles de reemplazo de 15, 25, 35 y 45% de harina de pescado por amaranto.....	35
Figura 5: Digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) para las dietas con niveles de reemplazo de 15, 25, 35 y 45% de harina de pescado por quinua.....	36
Figura 6: Digestibilidad aparente de proteína (DAP) para las dietas con niveles de reemplazo de 15, 25, 35 y 45% de harina de pescado por quinua.....	36

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Comparación nutricional (expresada en porcentaje) del amaranto y la quinua con la harina de pescado.....	19
Tabla 2:	Valores porcentuales de aminoácidos esenciales del amaranto, la quinua y harina de pescado.....	20
Tabla 3:	Formulación y análisis proximal (en base seca) de las dietas experimentales son expresadas en porcentajes.....	22
Tabla 4:	Composición nutricional (expresada en porcentaje) de las fuentes proteicas usadas en las dietas experimentales.....	23
Tabla 5:	Estabilidad de las dietas experimentales expresado en porcentaje de RMS después de 2 horas de inmersión.....	24
Tabla 6:	Respuesta de juveniles <i>L.vannamei</i> con diferentes reemplazos de proteína de harina de pescado por proteína de amaranto.....	29
Tabla 7:	Respuesta de juveniles <i>L.vannamei</i> con diferentes reemplazos de proteína de harina de pescado por proteína de quinua.....	32

INDICE DE ABREVIATURAS

ANOVA:	Análisis de varianza
FCA:	Factor de conversión alimenticia
HP:	Harina de pescado
DAMS:	Digestibilidad aparente de materia seca
DAP:	Digestibilidad aparente de proteína
PC:	Proteína cruda
RMS:	Retención de materia seca
rpm:	revoluciones por minuto
TM:	Tonelada métrica
TIU:	Unidad inhibidora de tripsina

RESUMEN

Se realizó un diseño experimental completamente aleatorio para conocer el efecto de reemplazar la proteína de la harina de pescado por la del amaranto y la quinua sobre el crecimiento de camarones juveniles *Litopenaeus vannamei*. Dos grupos de dietas isoproteicas (30%) e isolipídicas (9.5%) fueron formuladas para reemplazar 0, 15, 25, 35 y 45% de la proteína de la harina de pescado por proteína de amaranto y el segundo grupo de dietas por quinua. Una dieta comercial fue también incluida en este estudio con el propósito de comparar el rendimiento de las dietas experimentales. Las 10 dietas fueron asignadas aleatoriamente a 60 acuarios de 50 l equipados con un sistema de recambio de flujo continuo. Siete camarones con peso promedio inicial de 1.30 ± 0.07 fueron sembrados en cada uno de los 60 acuarios (39 m^{-2}) y alimentados dos veces al día por 60 días. La supervivencia en general del estudio fue superior a 74%. El crecimiento mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el grupo de camarones alimentados con las dietas a base de amaranto, siendo la dieta con 15% de reemplazo la que obtuvo un mejor crecimiento después de la dieta control (AQ0). La dieta A15, también mostró una buena ganancia en peso (%) igual que la dieta control. La digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) para las dietas con amaranto fue diferente para todas las dietas variando entre 57.02 y 79.70%. Las dietas A15 y A25 registraron significativamente ($p < 0.05$) una mejor DAMS (79.70% y 71.21%). También, las dietas A15 y A25 obtuvieron una mejor digestibilidad aparente de proteína (88.39% y 81.10%), y fueron diferentes significativamente ($p < 0.05$) de la dieta AQ0 (75.22%).

El reemplazo de la quinua en cualquiera de los niveles evaluados no afectó significativamente ($p > 0.05$) el crecimiento de los camarones, siendo las dietas con quinua mayores a la dieta comercial. En general, los camarones alimentados con quinua a

cualquier nivel de reemplazo demostraron un buen rendimiento. La digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) para las dietas con quinua variaron entre 79.65% y 84.08%, y fueron diferentes significativamente ($p < 0.05$) de la dieta AQ0 (65.11%). La digestibilidad aparente de proteína (DAP) de las dietas no fueron diferentes significativamente ($p > 0.05$) entre ellas variando entre 88.26-90.33%, pero fueron diferentes a la dieta control (75.22%).

Se concluye que se puede reemplazar hasta un 45% de proteína de harina de pescado por proteína de quinua, mientras que con amaranto hasta un 15% sin que se afecte el rendimiento del camarón.

ABSTRACT

A completely random design was made to evaluate the effect of quinoa and amaranth on the growth of juvenile *Litopenaeus vannamei* with initial weight of 1.30 ± 0.07 . Two groups of isonitrogenous (30% crude protein) diets formulated by replacing 0, 15, 25, 35 and 45% of fish meal protein by amaranth meal and quinoa meal were fed to shrimps two times daily for 60 days. A commercial and control diet were added to the treatments. Seven shrimps were randomly assigned in sixty 50-l aquaria equipped with a flow-through seawater system. Growth showed significant differences ($p < 0.05$) in the group of shrimps fed with amaranth diets, being diet A15 the one that showed a better growth after the control diet (AQ0). Diet A15, also showed a good weight gain (%) like the control diet. The apparent digestibility of dry matter for amaranth diets showed significant differences ($p < 0.05$) ranging between 57.02 and 79.70%. Diets A15 and A25 had significantly ($p < 0.05$) better digestibility (79.70% and 71.21%). Diets A15 y A25 showed a better apparent protein digestibility (88.39 % and 81.10 %), and had significantly ($p < 0.05$) better digestibility than control diet (75.22%).

Replacement with quinoa meal at any level tested did not affect significantly ($p > 0.05$) the shrimp growth performance. Shrimp fed with quinoa diets showed a better growth performance from those shrimps fed with commercial diet. The apparent digestibility of dry matter for quinoa diets varied between 79.65% and 84.08%. Diets with quinoa meal were different significantly ($p < 0.05$) from the control diet (65.11%). The apparent digestibility of protein were similar for all diets ranging between 88.26-90.33%, but they were different significantly ($p < 0.05$) from the control diet (75.22%).

We conclude that quinoa meal can replace up to 45%, whereas with amaranth meal up to 15% without adverse effects on growth and survival.

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector productivo alimenticio de más rápida expansión en el mundo, con una producción que casi se ha triplicado de 13 a 36 millones de toneladas en los últimos 10 años (Tacon, 1999), siendo el cultivo del camarón uno de los sistemas de producción a nivel mundial de más rápido crecimiento (Forster *et al.*, 2003). Este sector ha crecido a una tasa promedio anual de 16% desde 1984 (Tacon y Forster, 2001). Esta tendencia creciente de la camaronicultura se dirige hacia la intensificación de los sistemas de cultivo y el éxito en estos tipos de cultivo depende enormemente de la disponibilidad de alimentos formulados bien balanceados, nutricionalmente completos y de bajo costo (Bautista-Teruel *et al.*, 2003).

La harina de pescado (HP), tradicionalmente ha sido utilizada como la principal fuente de proteína en los alimentos comerciales de camarón (Tacon y Akiyama, 1997); sin embargo, la producción mundial de harina de pescado no ha sobrepasado el promedio anual de 6.2 TM en los últimos 15 años exceptuando los años en que se presentó el evento de El Niño cuando disminuyó a 1-2 TM (Pauly *et al.*, 2000). La dependencia en el uso de la harina de pescado como principal componente proteico en las dietas formuladas representa un factor de costo significativo en las operaciones del cultivo del camarón. Adicionalmente, al abastecimiento limitado de harina de pescado otros factores tales como la calidad han promovido el desarrollo de programas de investigación para identificar fuentes alternativas de proteína en las dietas acuícolas (Sudaryono *et al.*, 1999). Esta situación se ha visto estimulada por la variabilidad de los precios de la harina de pescado de alta calidad en todo el mundo que encarecen los costos del alimento (Naylor *et al.*, 2000), de manera que el uso de proteína vegetal como alternativa de

sustitución parcial o total de la harina de origen animal, ya se ha expandido por todo el mundo (Divaram y Velasco, 2002).

Entre algunas fuentes vegetales alternativas con mucho potencial están el amaranto y la quinua. La composición nutritiva del grano o semilla de amaranto ha sido extensivamente estudiada (Pedersen *et al.*, 1987; Bressani, 1990). El grano tiene un contenido de energía similar a la de otros granos de cereales y alrededor del doble de proteína (12-18%), con una composición superior de aminoácidos donde la lisina sobresale por su alto contenido (8%). De ahí que pueda utilizarse como un sustituto adecuado del maíz en alimentos avícolas y parcialmente reemplazar los ingredientes costosos de proteína animal (Kabuge *et al.*, 1996). La proteína de la semilla del amaranto también se diferencia de los granos de otros cereales por el hecho de que 65% se encuentra en el germen y 35% en el endosperma, a diferencia de otros cereales que tienen un promedio de 15% en el germen y 85% en el endosperma (Stallknecht y Schaeffer, 1993).

Otro grano muy nutritivo es la quinua, la cual se utiliza en la alimentación de animales como las llamas, ganado vacuno, asno, ovejas y cuyes. La quinua es un pseudocereal originario de las tierras altas de América del Sur que significó para el Imperio Inca un cultivo alimenticio de importancia que ocupaba el segundo lugar después de la papa (Cusack, 1984). La quinua al igual que el amaranto tiene un alto contenido de proteína cruda (12-19 %), un excelente perfil de aminoácidos, siendo alta en lisina (6.7% de proteína) y metionina (2.9% de proteína) (Galway *et al.*, 1990; Ahamed *et al.*, 1998). Los granos y raíces también son excelentes alimentos para aves de corral y cerdos.

Parece no haber literatura científica disponible relacionada con estas dos fuentes vegetales de alimento como ingredientes en dietas formuladas para especies acuícolas. Es

por eso que el objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento, supervivencia, consumo y la digestibilidad en juveniles de camarón blanco alimentados con estas nuevas fuentes como sustitutos a la harina de pescado.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA ACUICULTURA Y LA HARINA DE PESCADO

La industria acuícola es una de las actividades más importantes porque produce alrededor de un tercio de los productos de peces y crustáceos comercialmente disponibles en todo el mundo (FAO, 1999); también se ha considerado como el medio en el cual la producción mundial de peces y crustáceos puede ser incrementada en momentos en que la industria pesquera de captura se estabiliza o declina aún más (Stickney, 1995). Entre 1964 y 1997, la producción total de los productos acuícolas aumentó desde 10 TM a más de 30 TM (FAO, 1999).

El salmón del atlántico y los camarones peneidos sirven como buenos indicadores de la volatilidad que puede ocurrir en la industria acuícola. Muchos han precedido un crecimiento casi ilimitado de la industria acuícola y la producción excesiva que ha ocurrido con respecto al salmón y al camarón demuestra que las leyes de oferta y demanda se aplican a la acuicultura (Stickney, 1995).

La acuicultura es vista como la única vía para incrementar significativamente la disponibilidad de alimento marino en el mercado. Sin embargo, al aumentar la producción acuícola se requerirá de más alimento con ingredientes ricos en proteínas tales como la harina de pescado (Stickney, 2002). La harina de pescado ha sido utilizada por mucho tiempo como un componente para alimento de animales, pero es solamente en los últimos 50 años que la producción de HP se ha convertido en un negocio global la cual es producida a partir de especies de peces no utilizados para consumo humano directo o de subproductos del procesamiento de mariscos (Hardy y Tacon, 2002). Es la materia no-comestible más valiosa producida por la pesca, y en la pasada década la producción anual

ha oscilado entre 5.5 y 7.5 millones de TM. La producción de harina de pescado a nivel mundial ha permanecido relativamente estática con 6.2 millones de toneladas (1997) y no se espera que incremente (Tacon, 1999). Aproximadamente el 30% de las capturas pesqueras anuales en el mundo son utilizadas para producir HP (Hardy y Tacon, 2002), la cual es comercializada en todo el mundo entre países productores y países consumidores pero la cantidad que es comercializada es más baja que la producción total anual y global. El consumidor más grande de harina de pescado en el mundo es la industria avícola, la cual utiliza cerca del 46% de la producción anual seguida por la acuicultura utilizando alrededor del 34%. La harina de pescado está concentrada en una pequeña proporción de la producción acuícola mundial, cerca del 70% del uso global lo representan los alimentos de salmón, trucha y camarón (Hardy y Tacon, 2002).

Los países que dominan el comercio global de harina de pescado son: Perú, Chile, Dinamarca y Islandia, siendo los países exportadores de Perú y Chile los que totalizan alrededor del 80% del comercio internacional, un hecho que tiene implicaciones importantes para el precio del mercado de la harina de pescado especialmente durante los años del fenómeno de El Niño cuando el precio FOB puede pasar a más de US\$600 por tonelada comparado a US\$330 por tonelada durante períodos de abundancia en Perú (Hardy y Tacon 2002). Es evidente que la producción mundial de HP está sujeta a caídas periódicas tales como en 1998, cuando solamente 4.75 millones de TM fueron producidas (Tacon, 1999). A partir de estas estadísticas la expansión continua de la acuicultura no será posible si la harina de pescado es considerada como la única fuente principal de proteína en alimentos acuícolas, además la demanda por productos pesqueros por parte de otros sectores incrementará los precios de la harina de pescado hasta que su uso en alimentos acuícolas se vuelva poco económico (Smith *et al.*, 2000).

La industria acuícola debe estar preparada para costos alimenticios más altos asociados también con costos más altos de harina de pescado, y en adición debe buscar fuentes de proteína alternativas para reemplazar una porción de la harina de pescado en las formulaciones de alimentos para permitir la expansión de la producción acuícola más allá del nivel en el cual las fuentes de harina de pescado se convierten en un factor que limita la producción de los alimentos para acuicultura (Hardy, 2000).

2.2. EL USO DE LA HARINA DE PESCADO EN LOS ALIMENTOS ACUÍCOLAS

La proporción global de harina de pescado que es utilizada en alimentos para peces ha aumentado sustancialmente en los pasados 10 años. Hasta 1989, la acuicultura era un consumidor menor de harina de pescado utilizando aproximadamente 10% de la producción anual (Barlow, 1989). En el año 2000, el consumo de harina de pescado por la industria acuícola se estimó en 35% de la producción total a nivel mundial, lo cual representó un incremento de 3.5 veces en quince años.

El crecimiento de las industrias camaronera y salmón del atlántico han sido responsables del mayor aumento en el uso de la harina de pescado por la industria acuícola durante este período (Hardy, 2000). Los alimentos para el salmón del atlántico en los pasados 15 años han contenido más del 50% de harina de pescado y alimentos de camarones 35% de harina de pescado (Barlow, 2000). En los pasados cinco años estos porcentajes han disminuido de alguna manera. Sin embargo, los alimentos para salmones, peces marinos y anguilas todavía contienen alrededor del 40% de harina de pescado (Barlow, 2000). Las predicciones para satisfacer la demanda de harina de pescado para alimentos acuícolas en el año 2010 son de 2.83 millones de TM, aproximadamente 44% de las 6.5 millones de TM de la producción global anual media de harina de pescado (Hardy, 2000).

La demanda de harina de pescado en alimentos para carpa se espera que aumente a 325,000 TM y por los peces marinos a 447,000 TM, mientras que para alimento de anguilas, salmón, trucha, bagre y otras especies se espera disminuya. Por otra parte, en alimentos para camarones se espera que el uso de harina de pescado aumente de 372,000 a 485,000 TM entre el 2000 y el 2010. El porcentaje de harina de pescado en alimentos para todos los grupos de especies se espera que disminuya.

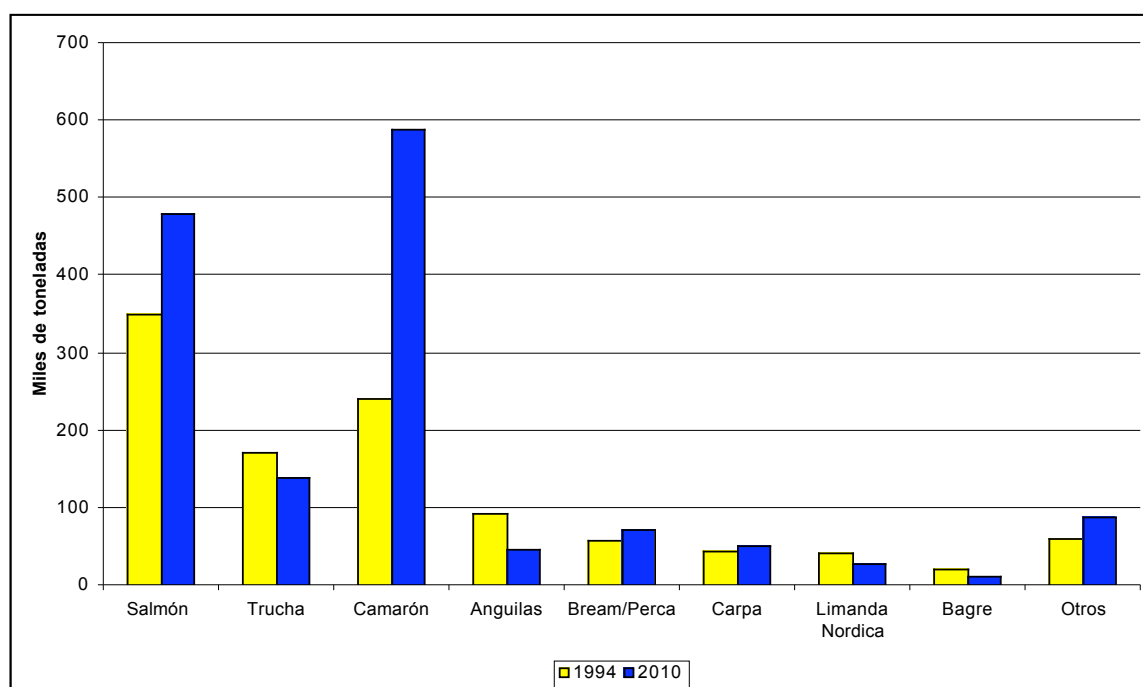


Figura 1. Proyección de uso estimado de harina de pescado en 1994 y 2010 por sector
Fuente: IFFO, 1996

2.3. FUENTES ALTERNATIVAS A LA HARINA DE PESCADO

Los alimentos comerciales de camarón contienen 30-50% de proteína cruda (PC), la cual proviene mayormente de productos de origen animal marino tales como harina de pescado, camarón y calamar (Mente *et al.*, 2002). Desde hace tiempo se ha planteado la necesidad de buscar nuevas fuentes proteicas a través de la evaluación experimental de materiales de origen vegetal y animal para obtener información acerca de su contenido y digestibilidad de nutrientes esenciales, con el propósito de incorporarlos en la alimentación de las distintas especies de camarones en cultivo (Hardy y Masumoto, 1991).

2.3.1. Harina de leguminosas

Las leguminosas están consideradas como una de las fuentes principales de proteína de origen vegetal, y es indudable que la mayor atención se ha centrado en los estudios sobre la harina de soya como sustituta de la proteína de origen animal debido a su calidad nutricional, bajo costo y constante disponibilidad (Akiyama, 1991). Esta semilla se utiliza principalmente en forma de harina de pasta desengrasada pero se ha estudiado también el uso de la semilla entera sin desengrasar y últimamente también el concentrado proteico. El concentrado proteico de la soya (CPS), es un producto que ha sido procesado para reducir las sustancias antinutricionales encontradas en la soya y contiene aproximadamente 65% de proteína cruda la cual es comparable a la de la cantidad promedio de la harina de pescado (Paripatananont *et al.*, 2001). Los productos de la soya son generalmente altos en proteína variando desde 45% para la harina de soya, hasta 70% para el CPS. Por otro lado, el nivel y balance de aminoácidos están considerados entre los más apropiados de las proteínas de plantas, aunque es baja en metionina (Storebakken *et al.*, 2000).

La harina de soya es uno de los ingredientes que alterna con la harina de pescado en las dietas comerciales para especies acuáticas (Hardy, 1999a). Algunos estudios en peces demuestran que del 40-100% de proteína dietética de harina de pescado puede ser reemplazada por CPS, sin tener influencia negativa en el crecimiento. Liu *et al.* (2000), demostraron que la inclusión del 8% de un CPS (Soycomil) como reemplazo de 22% de harina de pescado en una dieta para el camarón tigre *Penaeus monodon*, incrementó la ganancia en peso en 17% durante un período de prueba de 60 días. Paripatananont *et al.* (2001), examinaron la calidad nutricional del CPS con relación a la harina de pescado en dietas para *Penaeus monodon* Fabricius. Estos investigadores alimentaron con una serie de dietas basado en CPS reemplazando 0, 25, 50, 75 y 100% de harina de pescado por ocho semanas sin suplementación de aminoácidos. Ellos determinaron que el CPS podía reemplazar hasta el 50% de harina de pescado sin efectos adversos en el crecimiento, ingesta alimenticia, factor de conversión alimenticia y mortalidad.

Por el contrario, reemplazar harina de pescado por harina de soya a niveles altos de inclusión se reduce la tasa de crecimiento en camarones. Lim y Dominy (1990), observaron que más del 40% de reemplazo de proteína animal por harina de soya (>28% de inclusión) redujo la tasa de crecimiento del *Litopenaeus vannamei* significativamente. Sin embargo, en un estudio reciente utilizando harina de soya co-extruida con sub-productos de aves se logró reemplazar hasta el 100% de harina de pescado (Samocha *et al.*, 2004). *Penaeus duorarum* tuvo un nivel de tolerancia bajo a la harina de soya con un nivel de reemplazo del 30% (Akiyama, 1988). Basado en los estudios anteriores, habían diferencias entre especies y tamaño en la habilidad del camarón marino para utilizar nutricionalmente proteína de soya (Akiyama, 1988).

En general, se sugiere que un 25-30% de nivel dietético de harina de soya sola como reemplazo del 40-50% de proteína marina animal es óptimo en alimentos para camarones (Swick *et al.*, 1995).

Otra leguminosa empleada en nutrición animal es el lupino (*Lupinus sp.*), considerado como una de las fuentes de origen vegetal con gran potencial a ser utilizado en alimentos acuícolas debido a su alto contenido de proteína (32-36% en base humedad), bajos costos y disponibilidad (Sudaryono *et al.*, 1999). La harina de lupino puede efectivamente reemplazar hasta el 75% de harina de pescado en dietas para juveniles *Penaeus monodon* sin ningún efecto adverso en el crecimiento, supervivencia y composición corporal (Sudaryono *et al.*, 1999). En este mismo sentido, en *Litopenaeus vannamei* Molina-Poveda *et al.* (2004a), reportaron que un reemplazo de hasta el 50% de la proteína de harina de pescado no afecta la tasa de crecimiento.

Las semillas altamente nutricionales de *Pisum sativum* han sido también evaluadas en dietas para camarones como el *Penaeus monodon* (Bautista *et al.*, 2003). Estos estudios han demostrado que un nivel de inclusión de hasta 42% en camarones juveniles *P. monodon* no tuvo ningún efecto adverso en el crecimiento, supervivencia, y composición corporal del animal (Bautista-Teurel *et al.*, 2003). Por otra parte, en *Litopenaeus stylirostris* y *Litopenaeus vannamei*, la harina de chícharo cruda o procesada por descascamiento, extrusión o micronización tiene un uso potencial como fuente de energía y proteína (McCallum *et al.*, 2000). Con chícharo extrudido se notó un pequeño aumento en la tasa de crecimiento y conversión alimenticia del *L. vannamei*, mientras que en *L. stylirostris* la extrusión causó una reducción en consumo de alimento sin efecto en la tasa de crecimiento y con mejoramiento de conversión alimenticia. En otro aspecto, la

energía dietética de los chícharos proviene principalmente del almidón y generalmente los almidones son bien utilizados por los camarones (Catacutan, 1991; Cruz-Suárez *et al.*, 1994). El procesamiento térmico para gelatinizar almidón está positivamente correlacionado con la digestibilidad en *L. vannamei* (Davis y Arnold, 1993; Cousin *et al.*, 1996).

La alfalfa (*Medicago sativa*), es otra leguminosa ampliamente utilizada como forraje en la alimentación animal y de peces herbívoros. Desde hace algún tiempo ha sido poco estudiada como materia prima en dietas para peces conociéndose de pocos trabajos al respecto (Yusif *et al.*, 1994). En dietas para camarón la información disponible es aún más escasa, pues solo se conoce de su empleo en la alimentación en un par de especies. Rao *et al.* (1983), añadieron extracto alcohólico de alfalfa en pequeñas cantidades al alimento suplementado de juveniles de camarón *Penaeus indicus* a escala de laboratorio y en estanques de cultivo a escala piloto, obteniendo mayores tasas de crecimiento respecto a una dieta patrón que carecía de este ingrediente y sugerían continuar estudios en esta línea de investigación como promotora del crecimiento para determinar el nivel máximo de inclusión de esta leguminosa. En otro estudio, para conocer el efecto de la alfalfa sobre el crecimiento de postlarvas de camarón rosado *Penaeus notialis* Reyes-Canino *et al.* (2003), evaluaron cuatro dietas isoproteicas que contenían 0, 0.5, 1.0 y 2.0% de harina de alfalfa y los mejores resultados obtenidos de ganancia en peso, eficiencia proteica y factor de conversión alimenticia fue la fórmula que contenía el mayor porcentaje de la leguminosa (2.0%).

2.3.2. Harina de oleáginosas

Recientemente, los productos de canola (*Brassica sp.*) han sido utilizados en alimentos acuáticos con resultados alentadores (Gouveia y Davies, 1998), pero su valor potencial como ingredientes en alimentos para camarones han recibido poca atención (Buchanan *et al.*, 1997). Se ha observado que el proceso de extrusión mejora el valor nutritivo de la harina de canola e incrementa la concentración proteica (Sato *et al.*, 1998); también varios procedimientos de proceso pueden disminuir el contenido de factores antinutricionales en ésta. En un estudio de Cruz-Suárez *et al.* (2001), se evaluó el valor nutricional de harina de canola extruída y de chícharos enteros, descascarados, extruídos, descascarados-extruídos y micronizados. Estos autores demostraron que la digestibilidad de proteína y materia seca de la dieta conteniendo canola extruída fue muy buena y similar a la dieta práctica que incluía harina de pescado de alta calidad. Estos resultados, concuerdan con los de Buchanan *et al.* (1997), quienes reportaron que el nivel de inclusión (20%) de la harina de canola en dietas para *Penaeus monodon* puede ser incrementado al 64% cuando una mezcla de enzimas es adicionada.

La harina de semilla de algodón (*Gossypium sp.*), es alta en proteína y generalmente menos costosa que la harina de soya. Es ampliamente usada como un suplemento proteico en el ganado debido a su alto contenido de proteína (24%) y amplia disponibilidad (Mbahinzireki *et al.*, 2001), aunque en alimentación de camarones su uso es limitado por el contenido de gossipol. Fernández y Lawrence (1988), reportaron que diferentes niveles de harina de semilla de algodón podían ser incorporados en dietas para peneidos dependiendo de los niveles dietéticos de proteína y de la especie. La harina de semilla de algodón, también puede ser utilizada como reemplazante de harinas de cabeza de

camarón y de pescado en las dietas de camarones sin reducir el crecimiento pero en niveles más bajos que la harina de soya (Lawrence y Castille, 1989).

En un estudio con juveniles de *Litopenaeus vannamei*, la harina de semilla de algodón demostró que podía ser usada para reemplazar una mezcla de proteína marina hasta de 26.5% sin que afecte el crecimiento del camarón (Lim, 1996). Otros estudios han demostrado que la habilidad de los camarones y los peces para utilizar harina de semilla de algodón varía dependiendo de la especie, composición de las dietas y nivel de gosispol libre particularmente al relacionarse con la calidad y cantidad proteica (Lim, 1996). Fernández y Lawrence (1988), reportaron que la ganancia en peso y la supervivencia de postlarvas de *L. vannamei* y *L. stylirostris* no fueron afectadas cuando 20% de harina de semilla de algodón fue incluida en una dieta proteica de 30%.

2.3.3. Productos derivados de granos y cereales

Otra área de interés es el potencial de variedades no-tradicionales de granos comunes como ingredientes especiales en alimentos acuáticos. El contenido proteico de cultivos comunes de trigo, granos de avena y cebada está entre 11 y 14%. Sin embargo, existen variedades que contienen hasta 25% de proteína (Hardy, 1999b).

El gluten de trigo es una fuente proteica excelente que contiene entre 70-80% (Sugiura *et al.*, 1998), es actualmente producido para consumo humano por su alto valor nutricional lo que incrementa su precio. Aunque si se desarrollara un gluten de trigo de un grado alimenticio de más baja calidad y más barato, este ingrediente podría llegar a ser un ingrediente alimenticio acuícola importante (Hardy, 2000).

El gluten de maíz, el producto que queda despues de la extracción del almidón es uno de los productos comercialmente disponibles. Además de su alto contenido proteico la harina

de gluten de maíz es baja en fibra y no tiene factores antinutricionales (Pereira y Teles, 2003). Sin embargo, en estudios con *Litopenaeus vannamei* se ha observado una disminución del crecimiento cuando se alimentaron con dietas que tenían 25% o más de reemplazo de la proteína de harina de pescado por la del gluten de maíz (Molina-Poveda, 2004b).

Un ingrediente alimenticio que muestra potencial para utilizarse en dietas acuícolas son los granos destilados con solubles. Estos son los productos de sólidos solubles e insolubles de la producción de etanol a través de la fermentación del maíz los cuales tienen un valor nutricional significativo (Lovell, 1980). Los granos destilados con solubles tienen un porcentaje de proteína relativamente alto (26-30%). Esto es más alto que el maíz porque el almidón ha sido removido concentrándose la proteína y otros nutrientes. En un estudio llevado a cabo por D'Abramo (1986), reportó que 4% de granos destilados con solubles podían ser utilizados en dietas para *Macrobrachium rosenbergii*. Tidwell *et al.* (1993), reportaron que los camarones alimentados con dietas conteniendo varios porcentajes de granos destilados con solubles (0, 20 y 40%), no tenían diferencias en el peso promedio, supervivencia y tasa de conversión alimenticia. Los resultados demostraron que los granos destilados con solubles en dietas de camarones son un ingrediente adecuado para incluirlo en dietas prácticas para cultivos de camarones en estanques en niveles hasta del 40% de la formulación (Webster *et al.*, 1995).

Otro cereal que ha mostrado mucho potencial para ser empleado en dietas para camarones es el grano de cebada, el cual ha sido tradicionalmente utilizado en la industria cervecera. Wu (1986), reportó que los granos destilados a base de cebada tenían 32.6% de proteína cruda (PC), 6% de grasa, 4.4% de ceniza y 16.6% de fibra cruda. En un estudio,

evaluando una combinación de gluten de trigo con granos fermentados a base de cebada Molina-Poveda y Morales (2004c), demostraron que un reemplazo en más de 33% de proteína marina animal por la mezcla en dietas para *Litopenaeus vannamei* afectaba adversamente la ingesta alimenticia y el crecimiento. Esta respuesta parece estar relacionada a una disminución en la palatabilidad del alimento.

2.3.4. Potencial de sub-productos avícolas

Dentro de la gran variedad de fuentes de proteína utilizadas hasta el momento, a los sub-productos de la industria avícola no se les ha brindado suficiente atención. Sin embargo, una de las soluciones a corto plazo a los problemas mencionados se encuentra en la amplia gama de sub-productos generados por esta industria. La harina de sub-productos de aves tienen un perfil nutricional similar a la de la harina de pescado y por eso puede servir como un ingrediente aceptable en dietas de camarones (Cheng *et al.*, 2002a). En un estudio con camarones *Litopenaeus vannamei*, se ensayaron reemplazos de 33.3, 66.7 y 100% de harina de pescado (HP) por dos tipos de harinas derivadas de sub-productos de aves (harina normal y harina con bajo grado de ceniza) en una dieta de 35.5% de proteína que contenía 24.5% de harina de pescado. Los resultados demostraron que hasta el 66.7% de HP podía ser reemplazada por harina normal sin afectar el crecimiento del camarón y la adición de aceite de pescado a las dietas desengrasadas de harina normal no afectó la composición corporal de grasa del camarón (Cheng *et al.*, 2002a).

Entre estos sub-productos, la harina de plumas es otra fuente proteica animal alternativa porque contiene más del 80% de proteína cruda (Cheng *et al.*, 2002b). La harina de plumas puede tener una digestibilidad baja en camarones y peces debido a su perfil de

aminoácidos incompletos, pero su valor nutricional puede mejorarse al suplementarla con aminoácidos esenciales (Tacon y Akiyama, 1997).

En otro estudio llevado a cabo por Cheng *et al.* (2002b), demostraron que hasta el 66.7% de harina de pescado podía ser reemplazada por harina de pluma normal y harina de pluma de alta digestibilidad para camarones *Litopenaeus vannamei* sin reducir el crecimiento.

2.3.5. Harinas de carne, hueso y sangre

Estos productos son utilizados mayormente para alimentos avícolas y para otros animales domésticos, y no han sido estudiados extensivamente como reemplazos por harina de pescado en alimentos acuícolas. La calidad de las harinas de carne y hueso es muy variable y a veces limitada debido a un exceso de minerales y en los mejores casos contienen 45-60% de proteína de un buen valor biológico, aunque contienen cantidades limitadas de aminoácidos sulfurados (Guillaume *et al.*, 2001).

En un estudio donde tres fuentes de harinas de carne y hueso fueron evaluadas como ingredientes en dietas para juveniles *Litopenaeus vannamei*, los resultados demostraron que para todas las fuentes ensayadas más del 25% de la harina de pescado y hasta un 75% podía ser reemplazada sin una reducción significativa en el crecimiento (Forster *et al.*, 2003). La harina de carne y hueso (MBM) tipo B, la cual contenía 90% de carne de res presentó la mejor calidad nutricional para los camarones en términos de su habilidad para reemplazar harina de pescado. La MBM tipo C que contenía 50% de carne de res reemplazó un porcentaje más alto de harina de pescado que la MBM tipo A, la cual contenía solamente 35% de carne de res. Estos resultados sugieren que los productos de carne de res son más efectivos en llenar las necesidades nutricionales de los camarones

que los productos derivados de aves o de tipo porcino. Interesantemente, los niveles de los aminoácidos indispensables fueron más altos en MBM-B y más bajos en MBM-A (Forster *et al.*, 2003).

Por otra parte, la harina de sangre como reemplazo parcial proteico por harina de pescado en dietas de camarones causó disminución en el crecimiento para el *Penaeus californiensis* en todos los niveles de inclusión (5-10%) (Brand y Colvin, 1977). La harina de sangre también resultó ser inferior en las dietas para *Penaeus paulensis* cuando reemplazó harina de pescado, harina de camarón y de soya (Marchiori *et al.*, 1982). En otro estudio con camarones *Litopenaeus vannamei* de 3-4g donde cuatro productos de harina de sangre fueron comparados, los resultados sugirieron que los productos de harina de sangre podían reemplazar proteínas marinas en dietas de crecimiento para camarones *L. vannamei* de tamaño mediano. Los resultados indican también que el producto de la harina de sangre acidulada conteniendo covalentemente metionina adherida puede ser una vía potencialmente útil para suplementar aminoácidos limitantes en dietas de camarones (Dominy y Ako, 1988).

2.4. EL AMARANTO Y LA QUINUA COMO NUEVAS FUENTES PROTEICAS

El grano de amaranto (*Amaranthus sp.*) se considera tener una composición única de proteína, carbohidratos y lípidos. El grano tiene un contenido proteico que va de 12 a 18% (Tabla 1) y es más alto que otros granos cereales, también tiene un contenido de lisina significativamente alto lo cual lo hace particularmente atractivo para usarse como ingrediente para incrementar el valor biológico de alimentos procesados (Pedersen *et al.*, 1987). La semilla del amaranto posee un buen balance esencial de aminoácidos con respecto a otros cereales (Teutonico y Knorr, 1985) y hay varios reportes acerca de la

calidad nutricional excepcional de las proteínas del grano de amaranto similar a la caseína de la leche (Singhal y Kulkarni, 1988). El valor proteico de los granos de amaranto resaltan cuando la harina de amaranto es mezclada con otras harinas de granos cereales.

Los carbohidratos en el grano de amaranto consisten principalmente de almidón compuesto de fracciones aglutinantes y no-aglutinantes. El único aspecto del almidón del grano de amaranto es que el tamaño de los granulos (1 a 3 μ) son más pequeños que los de otros cereales. Debido a este tamaño único y a la composición del almidón del amaranto, se sugiere que el almidón posee una gelatinización única la cual podría ser de beneficio a la industria alimenticia (Lehman, 1988). El grano de amaranto tiene un contenido de energía similar a la de los granos de cereales y alrededor del doble de la cantidad proteica, con una composición aminoácidica superior (Tabla 2). El grano sirve como un sustituto adecuado por el grano de maíz en alimento para aves y puede reemplazar parcialmente los costosos ingredientes proteicos de animales (Kabuaage *et al.*, 1996).

Un estudio llevado a cabo para determinar el efecto de dietas de granos de amaranto pelletizados a vapor con y sin melaza, composición de la cáscara y histopatología de órganos internos sobre el desempeño de pollos de engorde, demostró que los pollos alimentados con dietas que contenían 20% fueron más pesados que aquellos con 40% de inclusión. El pelletizado mejoró el peso corporal, la ingesta de alimento y la eficiencia alimenticia, mientras que la inclusión de la melaza no fue efectiva en estimular la ingesta de alimento (Kabuaage *et al.*, 1996). La utilización del grano mejoró con la edad de las aves, demostrando que el grano de amaranto crudo podía ser más adecuado como un ingrediente en las dietas finales de pollos para engorde.

Tabla 1. Comparación nutricional del amaranto y la quinua con la harina de pescado

NUTRIENTE (%)	AMARANTO ^a	QUINUA ^b	PESCADO ^c
Proteína	15.54	15.73	64.00
Cenizas	3.61	2.57	24.00
Calcio	0.14	0.10	7.50
Fósforo	0.54	0.35	4.50
Fibra Cruda	5.21	6.22	1.02
Carbohidratos	62.0	59.7	-

^aFuente: Monteros *et al.*, 1994; ^bFuente: Nieto *et al.*, 1992; ^cFuente: Wheyfeed

Chenopodium quinua (quinua) es un grano originario de las tierras altas de América del Sur. La quinua fue el cultivo más importante después de la papa para el Imperio Inca (Cusack, 1984). La quinua contiene todos los aminoácidos esenciales (Tabla 2), es rica en fibra y vitaminas del grupo B y no contiene gluten (Olsen, 2002a). Además, es un grano blando muy digestivo, de rápida cocción y apreciable sabor. Es considerada por la FAO y la Organización Mundial de la Salud como un alimento único por su alto valor nutricional. La quinua tiene el más alto contenido proteico (12-19%) que cualquier grano de cereal incluido el amaranto, es alta en lisina (6.7% de PC) como en metionina (2.9% de PC) (Galway *et al.*, 1990; Ahamed *et al.*, 1998). Tiene un balance nutricional excepcional de proteína, grasa y almidón. El embrión abarca una gran proporción de la semilla más que en cereales normales, por eso el contenido proteico es alto. Además, la proteína es de una alta calidad inusual y está extremadamente cerca del estandar de nutrición humana considerado por la FAO.

Respecto a los carbohidratos, la semilla contiene de 58-68% de almidón y 5% de azúcar. Los granulos de almidón son extremadamente pequeños y contienen alrededor del 20% de amilosa y se gelatinizan en un rango de 55-65 °C. Improta y Kellems (2001), evaluaron cuatro ensayos para determinar el efecto que podía tener sobre el desempeño y

supervivencia de pollos de engorde diferentes métodos de procesamiento de quinua (cruda, lavada y pulida) en comparación con dietas basadas de trigo, maíz y sorgo. Los pollos que recibieron la quinua lavada tuvieron un desempeño cercano al de aquellos que recibieron dietas a base de harina de maíz y soya. El lavado pareció ser más efectivo que remover la cáscara externa. Al elevar el nivel proteico de la dieta de 13.2 a 18 o 23% se demostró que mejoró el crecimiento y supervivencia en los grupos alimentados con quinua. Los resultados de estos ensayos indicaron que el lavado y pulido de las semillas de la quinua previos a la alimentación, incrementó el nivel de la proteína cruda reduciendo ligeramente la cantidad de quinua presente en la dieta; al añadir harina de soya mejoró el crecimiento y supervivencia de los pollos (Improta y Kellems, 2001). Solamente algunos reportes están disponibles relacionados con las características alimenticias de la quinua y las respuestas han sido inconsistentes.

Tabla 2. Valores porcentuales de aminoácidos esenciales del amaranto, quinua y harina de pescado (% de A.A.100g⁻¹ de proteína)

AMINOÁCIDO	AMARANTO ^a	QUINUA ^b	PESCADO ^c
Lisina	8.0	8.4	8.1
Histidina	2.5	4.6	2.5
Arginina	10.0	7.4	5.5
Metionina	4.2	5.5	3.0
Treonina	3.6	5.7	4.4
Isoleucina	3.7	7.0	3.7
Leucina	5.7	7.3	7.4
Valina	4.3	7.6	4.8
Fenilalanina	7.7	5.3	4.0

^a Fuente: Monteros *et al.*, 1994; ^b Fuente: Olsen, 2002b; ^c Fuente: Pereira y Teles, 2003

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ELIMINACIÓN DE LA SAPONINA

La semilla de la quinua *Chenopodium quinua* fue enjuagada en agua limpia por tres veces con lo cual se retiraba la cáscara y por consiguiente la saponina, la cual es un factor antinutricional. Luego de esto las semillas fueron escurridas y puestas a secar en una estufa por 24 horas para posteriormente ser pulverizadas a 300 μ .

3.2. EXTRACCIÓN DE ACEITE DEL AMARANTO

Los lípidos del amaranto fueron extraídos con dietil éter por agitación continua a 190 rpm durante tres horas en un agitador New Brunswick Scientific. Este proceso se repitió tres veces descartándose el solvente con grasa en cada ocasión. Se permitió que el solvente se evaporara inicialmente a temperatura ambiente dentro de una sorbona para posteriormente mantener el amaranto en una estufa a 60°C por 24 horas. Al igual que la quinua, el amaranto fue pulverizado a 300 μ .

3.3. ELABORACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Se prepararon dos grupos de dietas experimentales a un nivel de 30% de proteína, de donde 15, 25, 35 y 45% de proteína de harina de pescado fue sustituida por proteína vegetal; el primer grupo con harina de amaranto y el segundo con harina de quinua.

Las dietas experimentales fueron preparadas mezclando los ingredientes de menor a mayor concentración manualmente. Las vitaminas y minerales fueron previamente mezcladas antes de incorporarlas con el resto de ingredientes (Tabla 3). Una vez homogenizados los ingredientes secos la lecitina fue añadida seguida por el aceite de pescado. Como paso final, se adicionó agua gradualmente hasta obtener una masa que

pudo ser procesada en un molino de carne RIVAL™. Los fideos de 2mm de diámetro fueron secados en una estufa con ventilación vertical a 60°C y empacados en fundas plásticas a -10 °C hasta su uso.

El nivel de lípidos de 9.5% fue ajustado variando el contenido de aceite de pescado y las fórmulas fueron balanceadas al 100% con almidón de maíz (Tabla 3).

Tabla 3. Formulación y análisis proximal (en base seca) de las dietas experimentales son expresadas en porcentajes

Ingredientes	AQ0	A15	A25	A35	A45	Q15	Q25	Q35	Q45
Harina de pescado ¹	31,56	26,83	23,67	20,52	17,36	26,83	23,67	15,38	17,36
Harina de calamar ²	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Harina de amaranto ³	0,00	18,45	30,75	43,04	55,34	---	---	---	---
Harina de quinua ⁴	0,00	---	---	---	---	20,85	34,74	48,64	62,54
Aceite de pescado	3,48	2,84	2,42	2,00	1,58	2,35	1,60	0,84	0,09
Lecitina líquida	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Colesterol	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Mezcla de vitaminas ^{5,7}	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Mezcla de minerales ^{6,7}	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Carboximetil celulosa ⁷	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Antihongo	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Gluten de trigo ⁷	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Oxido de cromo ⁷	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Almidón de maíz ⁸	45,09	32,01	23,29	14,57	5,85	30,11	20,12	10,13	0,14
Análisis proximal									
Proteína	30,89	30,17	29,31	28,93	28,83	30,87	30,37	30,27	30,29
Extrácto étereo	6,24	7,16	6,90	7,10	6,83	7,64	6,67	6,25	6,29
Humedad	5,82	6,80	6,63	11,09	10,91	5,99	6,02	8,03	15,42
Cenizas	7,14	7,14	7,04	6,66	6,69	7,20	6,89	6,60	6,43
Calcio	0,16	0,18	0,11	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11	0,10

¹ Producida por el método de vapor seco (proteína cruda mínimo 68% c.p.) Industria Polar Salango, Ecuador

² Procesado en el laboratorio por liofilización (calamar pequeño comercial *Loligo sp*)

³ Variedad: INIAP ALEGRIA provista por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Quito, Ecuador

⁴ Variedad: TUNKAHUA provista por el INIAP Quito, Ecuador

⁵ (mg 100g⁻¹ dieta): ácido p-aminobenzoico, 10; tiamina-HCl, 12; riboflavina, 20; piridoxina-HCl, 12; cloruro de colina, 250; ácido nicotínico, 75; pantotenato de calcio, 50; inositol, 200; Biotina, 0.5;

ácido fólico, 1.5; ácido ascórbico, 10; menadiona, 4; acetato de tocoferol, 40; cianocobalamina, 0.03; β -caroteno, $1.15 \cdot 10^{-3}$; colecalciferol, 0.03; acetato de vitamina A, 20.

⁶ (mg 100g^{-1} dieta): fosfato monobásico de calcio, 272; lactato de calcio, 640.2; citrato férrico, 60; sulfato de magnesio heptahidratado, 274; fosfato de potasio, 480; fosfato monobásico de sodio, 174; cloruro de sodio, 86; cloruro de aluminio, 0.4; yoduro de potasio, 0.3; cloruro de cobre, 0.2; sulfato manganoso monohidratado, 1.6; cloruro de cobalto hexahidratado, 2.1; sulfato de zinc heptahidratado, 7.1; selenito de sodio, 2.

⁷ Comprado a Sigma Chemical Co., St. Louis, MO., USA.

⁸ Adquirida a Sumesa S.A., Guayaquil, Ecuador.

Fuente: Elaborado por Ricardo Cárdenas

3.4. ANÁLISIS BIOQUÍMICOS

Muestras de las materias primas y dietas fueron analizadas para determinar el contenido de proteína cruda por el método de Kjeldahl, calculado como % N x 6.25 (Tabla 4). Los lípidos totales fueron determinados por la técnica de soxhlet usando éter etílico. Del mismo modo, el contenido de humedad (a $130\text{ }^{\circ}\text{C}$), cenizas (a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$) y calcio (con permanganato) fueron analizados por duplicado de acuerdo a las técnicas descritas por la AOAC (1991).

Tabla 4. Composición nutricional (expresada en porcentaje) de las fuentes proteicas usadas en las dietas experimentales

Ingredientes	Proteína	E. E.	Humedad	Cenizas	Calcio
Harina de pescado	70.30	12.05	6.46	11.75	0.74
Harina de amaranto	17.47	6.49	3.83	2.82	-
Harina de quinua	15.44	8.34	9.59	2.53	-
Harina de calamar	71.20	7.54	8.50	7.08	-
Gluten de trigo	88.63	0.65	8.48	0.72	0.02

E.E.= extracto étereo (grasa)

Fuente: Elaborado por Ricardo Cárdenas

3.5. ESTABILIDAD DE LAS DIETAS

La estabilidad de las dietas en agua, fue determinada mediante la colocación de 2g de pellets en botellas de vidrio (área de fondo: 28.27 cm²) con 100 ml de agua de mar. Las botellas en triplicado fueron puestas en un agitador a 70 rpm y mantenidas en un baño de agua a 28 °C. Después de 2 horas de inmersión, se colectó el pellet en canastillas con ojo de malla de 600μ, pesadas y rotuladas previamente. Las mallas con el pellet fueron secados a 60 °C por 24 horas, luego de este período se registró el peso (Wouters *et al.*, 2001).

El porcentaje de retención de materia seca (RMS) fue calculado mediante la fórmula :

$$RMS(\%) = 100 - \left[\frac{PD_{ai} - PD_{ds}}{PD_{ai}} \right] \times 100$$

Donde *PD* es el peso seco de la dieta antes de la inmersión (*PD_{ai}*) y después del secado (*PD_{ds}*).

Tabla 5. Estabilidad de las dietas experimentales expresado en porcentaje de RMS después de 2 horas de inmersión

DIETA	DC	AQ0	A15	A25	A35	A45	Q15	Q25	Q35	Q45
RMS	83.29	72.77	72.88	72.87	73.08	66.61	72.29	67.03	62.84	47.65

Fuente: Elaborado por Ricardo Cárdenas

3.6. ENSAYO DE CRECIMIENTO

Camarones *Litopenaeus vannamei*, libres del virus de mancha blanca (WSSV) obtenidos de una maduración controlada, fueron sembrados en una de las salas de bioensayo del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). Siete camarones *L. vannamei* fueron colocados (39 m⁻²) en cada uno de los acuarios de 50L y aclimatados por una semana. Después de este período de adaptación, los camarones fueron pesados y

cada camarón perdido durante la primera semana fue reemplazado por otro de peso similar al promedio del acuario.

Camarones con peso promedio inicial de $1.30 \pm 0.07\text{g}$ fueron alimentados *ad libitum* en dos raciones diarias (12h00 y 18h00) por 8 semanas; las heces, mudas y el exceso de alimento de los acuarios fueron sifoneados antes de la primera alimentación. Los camarones de cada acuario fueron pesados al final del ensayo. Mortalidades fueron contabilizadas durante el período de estudio.

El recambio de agua en cada acuario fue ajustado aproximadamente a 300% en un sistema de flujo continuo. La temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua en los acuarios fueron monitoreados diariamente, y el fotoperíodo fue controlado a 12h de luz: 12h de oscuridad.

La tasa de ingestión fue determinada durante 3 días para lo cual 2 horas después de alimentar en la mañana y en la tarde el pellet no consumido (sin material fecal), fue colectado por sifoneo en mallas de 300μ pesadas previamente. Las mallas conteniendo el pellet fueron colocadas en una estufa a 60°C por 24 horas y pesadas nuevamente.

La tasa de crecimiento específico (TCE), el factor de conversión alimenticia (FCA) y la tasa de ingestión (TI) fueron calculadas con las fórmulas:

$$TCE(\%/dia) = \left[\frac{\ln W_{x_f} - \ln W_{x_i}}{t(dias)} \right] \times 100$$

$$FCA = \frac{\text{total alimento ingerido}}{\text{biomasa ganada} + \left(\frac{W_{x_f} + W_{x_i}}{2} \right) \times \text{animales muertos}}$$

Donde W_{x_i} y W_{x_f} representan el peso promedio de los camarones al inicio y final del experimento, respectivamente.

$$T.I = \left[\frac{\text{alimento suministrado} - (\text{alimento no consumido} \times \text{blanco})}{\text{biomasa del acuario}} \right] \times 100$$

$$\text{Blanco} = \frac{\text{alimento suministrado}}{\text{alimento recuperado}}$$

3.7. ENSAYO DE DIGESTIBILIDAD

Al final del ensayo de crecimiento, los camarones fueron alimentados con las dietas experimentales que contenían 0.5% de óxido de cromo como indicador de los componentes no digeridos, excepto con la dieta comercial que no fue evaluada. Después de un período de aclimatación a las dietas de 7 días se colectaron las heces 2 horas después de cada alimentación y agrupadas por acuario. El material fecal fue suavemente enjuagado con agua destilada y almacenado en tubos eppendorf a -80°C; las heces colectadas durante 10 días fueron centrifugadas, liofilizadas, cuidadosamente homogenizadas y almacenadas a -20°C hasta ser analizadas.

Los contenidos de proteína y oxido de cromo en dietas y heces fueron determinadas de acuerdo a las técnicas de Forster y Gabbot (1971) y McGinnis y Kasting (1964), respectivamente. La digestibilidad aparente de proteína (DAP), y la digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) fueron calculadas mediante las siguientes formulas:

$$DAP(\%) = 100 - 100 \times \left[\frac{\%Cr_2O_3 \text{ dietas}}{\%Cr_2O_3 \text{ heces}} \times \frac{\% \text{ proteína heces}}{\% \text{ proteína dietas}} \right]$$

$$DAMS = \left[1 - \frac{\%Cr_2O_3 \text{ dietas}}{\%Cr_2O_3 \text{ heces}} \right] \times 100$$

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos se sometieron a la prueba de Bartlett para verificar homogeneidad de varianzas y se analizó gráficamente la normalidad de los datos. Cuando los datos no pasaron estas pruebas fueron ajustados mediante transformaciones. Una prueba de rango múltiple de Fisher o LSD (least significant difference) a un nivel de confianza de 95% fue aplicada cuando el análisis de varianza (ANOVA) de una vía detectó diferencias significativas entre tratamientos. Todas las variables presentaron homogeneidad de varianza y normalidad. Los programas estadísticos STATISTICA 4.1[®] y Data Desk 6.1[®] fueron utilizados.

4. RESULTADOS

4.1. PARÁMETROS ABIÓTICOS

El desarrollo del experimento se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones: temperatura de 25.5 ± 1.33 °C, oxígeno disuelto de 5.43 ± 0.63 mg l⁻¹, pH de 7.88 ± 0.08 y salinidad de 35ppt.

4.2. EVALUACIÓN DEL AMARANTO

4.2.1. Supervivencia

El ANOVA no encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las supervivencias de los grupos de camarones alimentados con las dietas experimentales y dieta control (basal). Sin embargo, se pudo observar que las mayores supervivencias se registraron con la dieta control (AQ0) y la dieta A15 seguidas por la dieta A25, mientras que los camarones alimentados con la dieta A45 fueron los que presentaron una menor supervivencia (Tabla 6).

4.2.2. Factor de conversión alimenticia

El ANOVA determinó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (Tabla 6). El más alto factor de conversión alimenticia (FCA) lo presentaron las dietas A35 y A45. En tanto que las dietas DC y AQ0, registraron los más bajos FCA de las dietas ensayadas. El mejor aprovechamiento del alimento con respecto a la dieta control fue obtenido con las dietas A15 y A25 con un nivel del 15 y 25% de reemplazo de proteína de harina de pescado por amaranto, respectivamente.

4.2.3. Ganancia en peso

Después de 60 días de alimentación, los resultados demuestran que las ganancias en peso de los camarones alimentados con las dietas AQ0 (control) y A15 no fueron significativamente diferentes. Los camarones alimentados con las dietas A25, A35 y A45 no registraron diferencias ($p>0.05$) significativas entre ellos pero presentaron ganancias en peso inferiores ($p<0.05$) al control. Los que presentaron una menor ganancia en peso fueron los que recibieron las dietas A35 y A45 (344.86 ± 71.10 y 314.65 ± 20.35) junto con la dieta comercial.

Tabla 6. Respuesta de juveniles *L. vannamei* con diferentes niveles de reemplazo de proteína de harina de pescado por proteína de amaranto

Dieta	Supervivencia (%)	FCA	Ganancia en Peso (%)	TCE (%/día)	TEP	TI (%biomasa)
DC	88.10±10.75	3.15±0.11	337.27±22.85	2.46±0.09	0.75±0.12	2.89±0.83
AQ0	95.24±11.66	3.22±0.45 ^c	523.07±104.11 ^d	3.03±0.27 ^d	0.95±0.12 ^d	4.50±0.46 ^c
A15	92.86±11.95	3.51±0.72 ^{bc}	450.99±96.34 ^{cd}	2.82±0.31 ^{cd}	0.88±0.20 ^{cd}	5.02±0.96 ^c
A25	90.48±17.30	3.76±0.52 ^{bc}	410.87±42.40 ^{bc}	2.71±0.14 ^{bc}	0.79±0.19 ^{bcd}	4.93±0.43 ^c
A35	83.33±10.75	4.50±1.29 ^{ab}	344.86±71.10 ^{ab}	2.47±0.28 ^{ab}	0.61±0.17 ^{ab}	4.22±0.79 ^{bc}
A45	74.29±30.97	4.36±0.92 ^{ab}	314.65±20.35 ^{ab}	2.37±0.08 ^{ab}	0.48±0.27 ^a	3.45±0.38 ^{ab}

FCA: factor de conversión alimenticia

TCE: tasa de crecimiento específica

TEP: tasa de eficiencia proteica

TI: tasa de ingestión

Letras iguales en una misma columna indica que no hay diferencias significativas ($p>0.05$)

Fuente: Elaborado por Ricardo Cárdenas

4.2.4. Tasa de crecimiento

Dentro del grupo de camarones alimentados con las dietas ensayadas, la dieta control fue significativamente superior ($p < 0.05$) a las dietas A25, A35 y A45 (Tabla 6). No se registró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las tasas de crecimiento de los camarones alimentados con las dietas A25, A35 y A45, pero los camarones que recibieron la dieta A15 registraron un mejor crecimiento con respecto a los alimentados con las dietas A35 y A45.

4.2.5. Tasa de eficiencia proteica

Los resultados de la tasa de eficiencia proteica de las dietas experimentales conteniendo amaranto se muestran en la Tabla 6. La prueba de Fisher determinó que las dietas AQ0 y A15 obtuvieron la mejor eficiencia proteica con respecto a las dietas A35 y A45. Por otra parte, las dietas AQ0, A15, y A25 fueron significativamente similares en eficiencia proteica y mejores ($p < 0.05$) que la dieta A45, mientras que los camarones que recibieron las dietas A25 y A35 no difirieron ($p > 0.05$) entre ellas pero dieron una eficiencia proteica mayor que la dieta A45. La dieta comercial (DC) fue mayor que las dietas A35 y A45, pero registró un valor más bajo que las dietas control (AQ0) y A15.

4.2.6. Tasa de ingestión

El ANOVA determinó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dietas. Se observó un efecto significativo ($p < 0.05$) del nivel de reemplazo del amaranto sobre el consumo de las dietas. La dieta A45 fue significativamente ($p < 0.05$) la menos consumida de las que contenían amaranto junto con la dieta comercial.

4.3. EVALUACIÓN DE LA QUINUA

4.3.1. Supervivencia

Para este grupo de dietas, el ANOVA no registró diferencias significativas ($p>0.05$) en la supervivencia de los camarones alimentados con las dietas control (AQ0) y las que contenían quinua. Como se puede observar en la Tabla 7, la supervivencia en general de los camarones no fue menor a 85.7%.

4.3.2. Factor de conversión alimenticia

La presencia de quinua como ingrediente en las dietas experimentales no afectó significativamente ($p>0.05$) el aprovechamiento del alimento comparado con el control por parte de los camarones. Se observó una significativa ($p<0.05$) mejor conversión alimenticia con la dieta Q15 (2.76) que con la dieta Q45 (3.36). También, se encontró una mejor conversión alimenticia con la dieta DC que con las dietas Q35 y Q45.

4.3.3. Tasa de crecimiento específica

A como se puede observar en la Tabla 7, el reemplazo de la harina de pescado en cualquiera de los niveles ensayados por quinua no afectó significativamente ($p>0.05$) el crecimiento de los camarones entre 1 y 7g. La dieta comercial registró un pobre crecimiento con respecto a las dietas control, Q15 y Q25. Los camarones alimentados con la dieta Q15 tuvieron un mejor crecimiento (3.29 ± 0.24) que aquellos alimentados con las dietas Q35 y Q45. Los que recibieron las dietas AQ0, Q25, Q35 y Q45 no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$).

Tabla 7. Respuesta de juveniles *L. vannamei* con diferentes niveles de reemplazo de proteína de harina de pescado por proteína de quinua

Dieta	Supervivencia (%)	FCA	Ganancia en Peso (%)	TCE (%/dia)	TEP	TI (%biomasa)
DC	88.10±10.75	3.15±0.11	337.27±22.85	2.46±0.09	0.75±0.12	2.89±0.83
AQ0	95.24±11.66	3.22±0.45 ^{abc}	523.07±104.11 ^{bc}	3.03±0.27 ^{bc}	0.95±0.12 ^b	4.50±0.46 ^b
Q15	85.71±12.78	2.76±0.46 ^{bc}	625.61±103.70 ^c	3.29±0.24 ^c	0.98±0.20 ^b	4.72±0.85 ^b
Q25	95.24±7.38	3.16±0.44 ^{abc}	524.93±85.70 ^{bc}	3.04±0.23 ^{bc}	0.99±0.10 ^b	4.52±0.44 ^b
Q35	90.48±11.66	3.25±0.53 ^{ab}	496.65±80.65 ^{ab}	2.96±0.22 ^{ab}	0.90±0.12 ^b	4.91±0.60 ^b
Q45	92.86±11.95	3.36±0.36 ^a	474.69±65.28 ^{ab}	2.91±0.18 ^{ab}	0.89±0.11 ^b	4.71±0.51 ^b

FCA: factor de conversión alimenticia

TCE: tasa de crecimiento específica

TEP: tasa de eficiencia proteica

TI: tasa de ingestión

Letras iguales en una misma columna indica que no hay diferencias significativas ($p>0.05$)

Fuente: Elaborado por Ricardo Cárdenas

4.3.4. Tasa de eficiencia proteica

La tasa de eficiencia proteica en cada tratamiento se muestra en la Tabla 7. La eficiencia proteica no presentó diferencias significativas ($p>0.05$) entre el grupo de tratamientos. Todos los camarones alimentados con las dietas conteniendo diferentes niveles de reemplazo de harina de pescado por harina de quinua obtuvieron una eficiencia proteica igual a la dieta control. La dieta comercial obtuvo el valor más bajo de las dietas ensayadas.

4.3.5. Tasa de ingestión

La prueba de Fisher demostró que no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) en la ingesta alimenticia de los camarones alimentados con las dietas conteniendo harina de

quinua. La dieta AQ0 tuvo una ingesta de alimento similar (4.50%) que las dietas que contenían quinua a cualquier nivel de reemplazo. Los animales alimentados con la dieta comercial registraron una baja ingesta alimenticia con respecto a los alimentados con la dieta control y con harina de quinua (Tabla 7).

4.4. DIGESTIBILIDAD DEL AMARANTO Y LA QUINUA

Los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) y proteína (DAP) en este estudio para las dietas de amaranto variaron de 57.02% a 79.70% y 72.70% a 88.39%, respectivamente (Figuras 3 y 4). La DAMS de la dieta control (AQ0) fue diferente significativamente ($p < 0.05$) del resto de dietas. Las dietas A15 y A25 fueron diferentes entre ellas, siendo mejor la dieta A15 (79.70%). Las dietas A35 y A45 registraron los valores más bajos de DAMS y fueron diferentes de las otras dietas (Figura 3). Para los valores de DAP, la dieta AQ0 fue diferente significativamente ($p < 0.05$) de las dietas A15 y A25 (88.39% y 81.10%), pero igual a las dietas A35 y A45 (72.70% y 73.78%) (Figura 4).

Con respecto a la quinua, los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) variaron entre 79.65% y 84.08%. Las dietas Q25, Q35 y Q45, no fueron diferentes entre ellas, pero la dieta Q15 fue diferente significativamente ($p < 0.05$) de la dieta Q35, siendo mejor la dieta Q15 (84.08%) (Figura 5).

Por otra parte, los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína (DAP) no fueron afectados significativamente por la composición de la dieta indicando que la harina de quinua fue digerida tan bien y mejor que la harina de pescado (Figura 6). Las dietas con quinua registraron valores entre 88.26% y 89.78%, siendo diferentes ($p < 0.05$) de la dieta control la cual registró un valor de 75.22%.

En resumen, los resultados muestran que con la quinua se puede reemplazar hasta un 45% la proteína de harina de pescado mientras que con el amaranto hasta un 15% sin que se afecte el rendimiento del camarón.

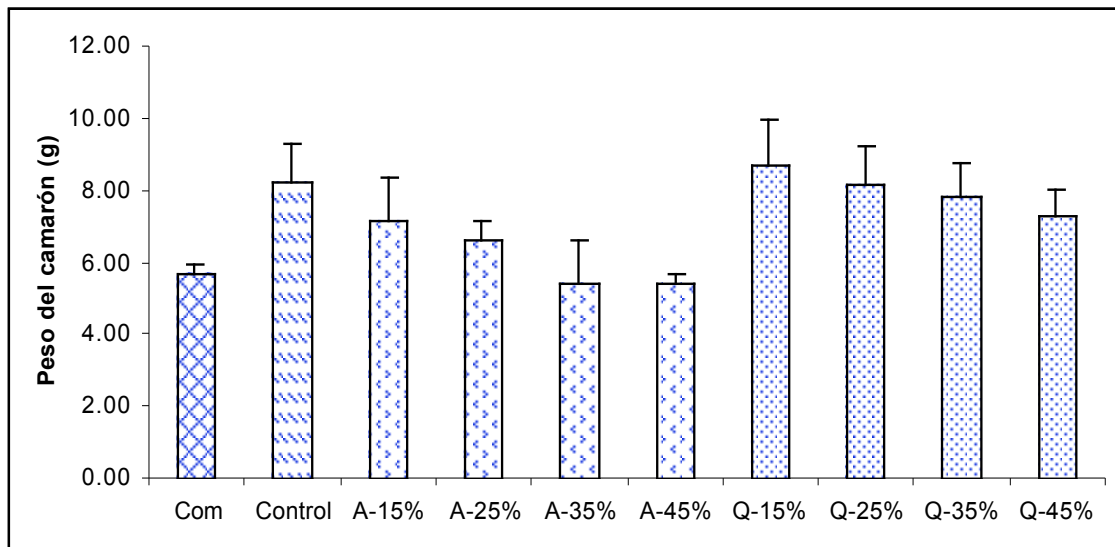


Figura 2. Peso promedio de camarones obtenido al final de ocho semanas de alimentación con amaranto y quinua a cuatro niveles de reemplazo de la proteína de la harina de pescado (Elaborado por Ricardo Cárdenas)

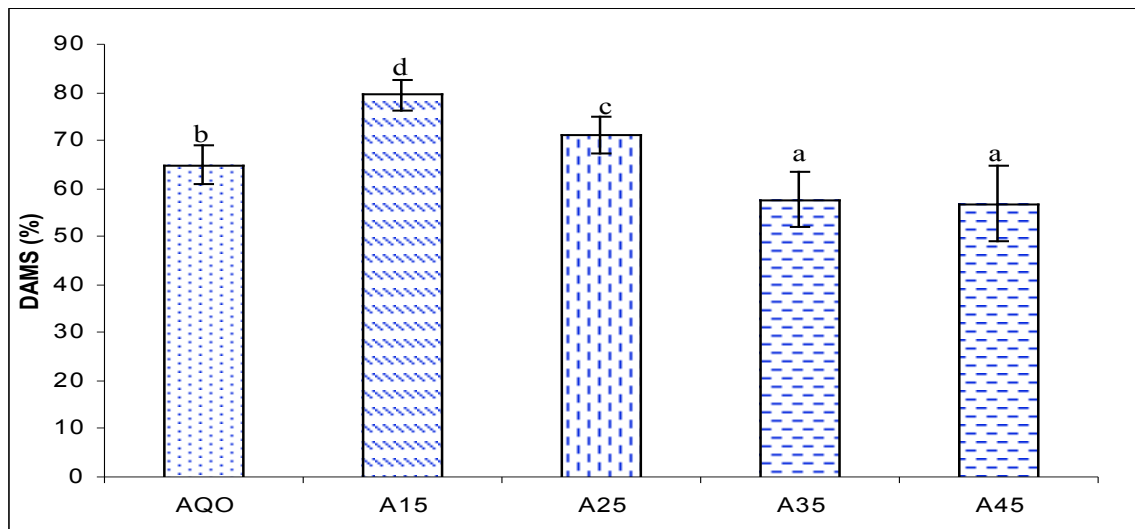


Figura 3. Digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) para las dietas con niveles de reemplazo de 15, 25, 35 y 45% de harina de pescado por amaranto (Elaborado por Ricardo Cárdenas)

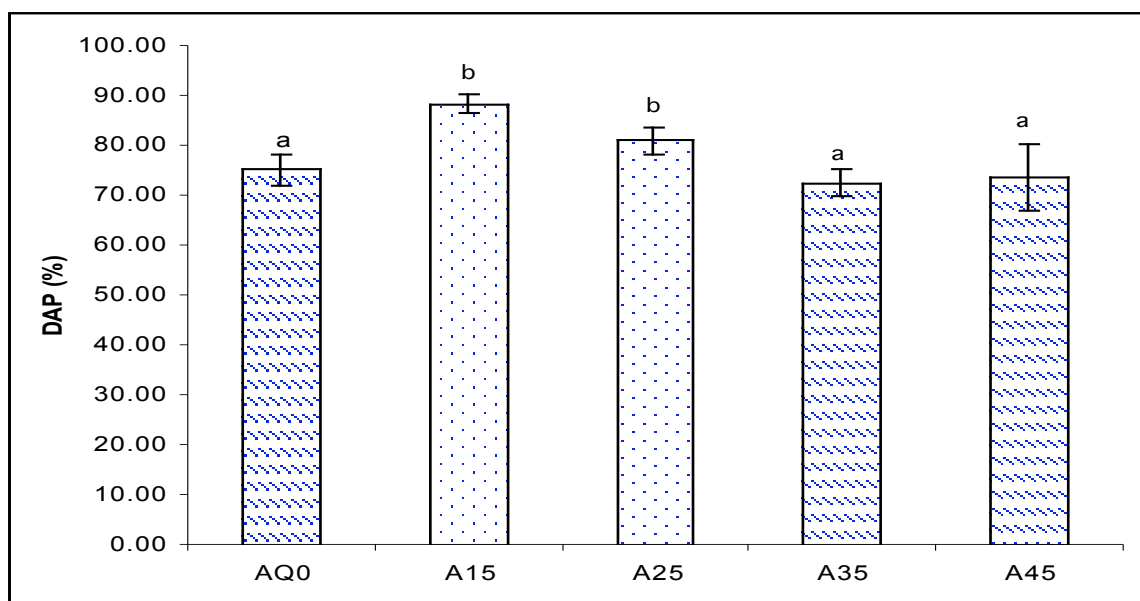


Figura 4. Digestibilidad aparente de proteína (DAP) para las dietas con niveles de reemplazo de 15, 25, 35 y 45% de harina de pescado por amaranto (Elaborado por Ricardo Cárdenas)

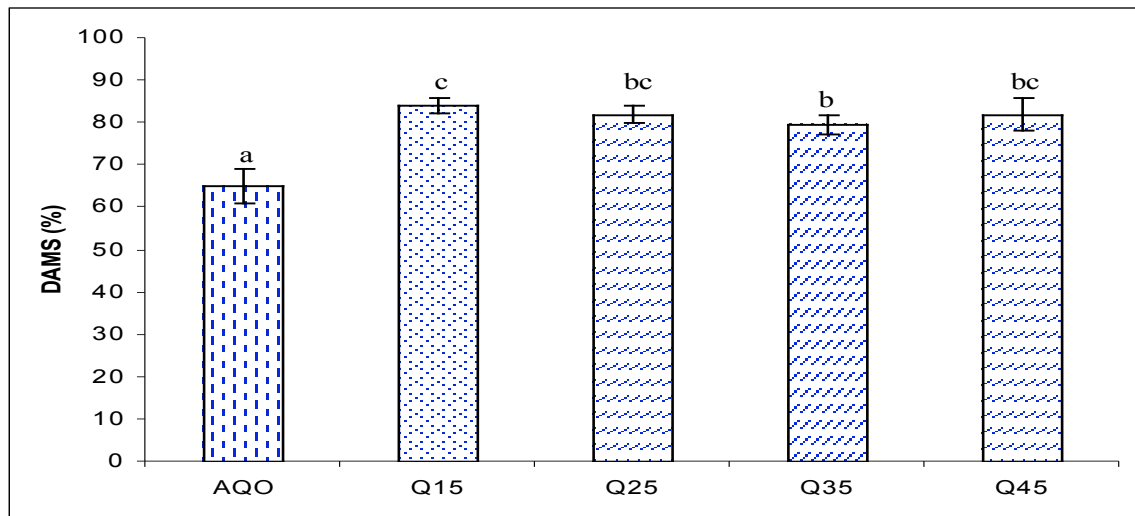


Figura 5. Digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) para las dietas con niveles de reemplazo de 15, 25, 35 y 45% de harina de pescado por quinua (Elaborado por Ricardo Cárdenas)

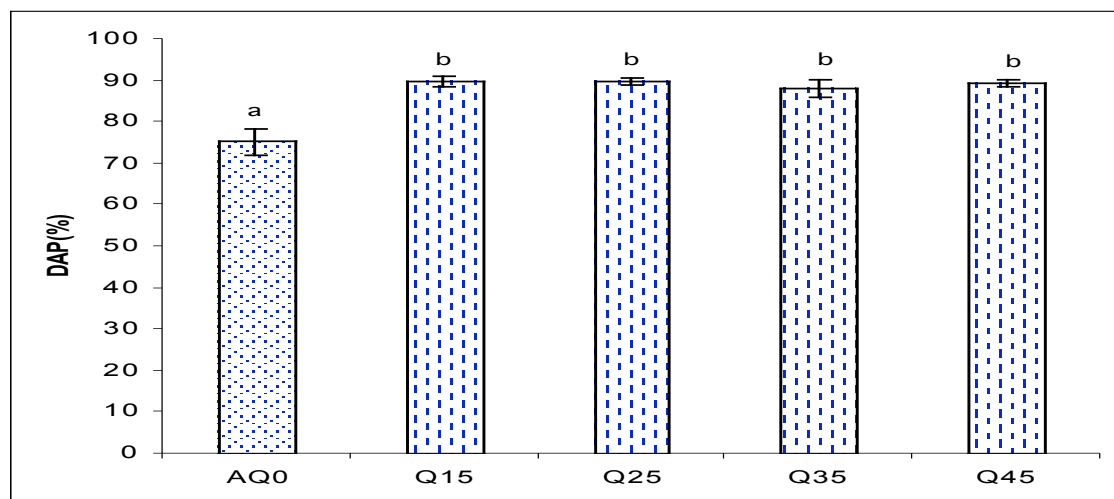


Figura 6. Digestibilidad aparente de proteína (DAP) para las dietas con niveles de reemplazo de 15, 25, 35 y 45% de harina de pescado por quinua (Elaborado por Ricardo Cárdenas)

5. DISCUSIÓN

5.1. AMARANTO

Varias especies de amaranto pueden encontrarse y con frecuencia tanto el grano como las hojas son utilizadas para alimento en humanos y animales (Saunders y Becker, 1984; Tucker, 1986). El grano de amaranto tiene un contenido de energía similar a la de los cereales y alrededor del doble de la cantidad proteica con una composición superior de aminoácidos. El grano por lo tanto se emplea como un sustituto adecuado por los granos de maíz en alimentos para aves y de esta manera reemplaza parcialmente a los costosos ingredientes proteicos de origen animal. Sin embargo, la aceptación y utilización del amaranto de forma cruda por las aves es baja probablemente debido a la presencia de factores antinutricionales.

Los resultados de la presente investigación indican que la harina de amaranto a niveles de reemplazo de hasta 15% de la harina de pescado es una buena fuente proteica en las dietas para camarones juveniles *Litopenaeus vannamei*.

Según Cruz-Suárez *et al.* (2000), la atractabilidad, la palatabilidad, la textura y la estabilidad en el agua de los alimentos para camarón son factores críticos para obtener tasas máximas de ingestión que permitan cubrir los nutrientes requeridos y lograr el máximo crecimiento. En este estudio, la ingesta alimenticia de los animales alimentados con las dietas A15, A25 y A35 no fue diferente entre ellas siendo igual a la dieta control (4.50%), y registrando una ingesta alimenticia significativamente baja (3.45%) los alimentados con la dieta A45 con respecto a las otras dietas (>4.22%). La baja ingesta alimenticia presentada por los camarones alimentados con la dieta A45 podría ser atribuido a un número de factores incluyendo deficiencias en nutrientes esenciales y/o la

presencia de factores antinutricionales presentes en esta dieta, tales como taninos, inhibidores de tripsina, lectinas y saponinas los cuales han sido reportados en los granos de amaranto (Koeppel y Rupnow, 1988; Kabuage, 1996). Se ha reportado que los taninos crean problemas de palatabilidad debido a su sabor astringente (Joslyn y Goldstein, 1964). Por ejemplo, se conoce que las carpas son muy sensibles al sabor adverso causados por estos factores. También, se ha observado que los inhibidores de la tripsina y las lectinas disminuyen la ganancia en peso (%) de los animales (Liener, 1989).

En este mismo sentido, resultados y observaciones similares se han reportado al evaluar otras fuentes de proteína vegetal tales como: harina de soya (Lim y Dominy, 1990), harina de semilla de algodón (Lim, 1996) y harinas de lupino (Sudaryono *et al.*, 1999); las cuales también contienen una alta proporción de fibra y factores antinutricionales que causan efectos adversos en el valor nutricional y palatabilidad (Francis *et al.*, 2001).

La harina de pescado ha sido completamente sustituida por fuentes proteicas vegetales en dietas formuladas en varias especies de peces tales como el bagre y la tilapia (Webster y Lim, 2002) y también en crustáceos como *Macrobrachium rosenbergii* (Tidwell *et al.*, 1993). Sin embargo, el reemplazo de fuentes proteicas marinas en dietas prácticas para *L. vannamei* no ha sido muy exitoso. Molina y Morales (2004c), reportaron que un reemplazo mayor al 33% de proteína marina animal en dietas a base de granos fermentados de cebada y gluten de trigo (1:1 en términos de proteína) para *L. vannamei* afecta adversamente la ingesta alimenticia. Estos autores, atribuyeron esta respuesta a una disminución en la palatabilidad del alimento y a un imbalance de aminoácidos. Por otra parte, Paripatananont *et al.* (2001) en un estudio donde evaluaron el concentrado proteico de soya (CPS) con camarones del género *Penaeus monodon*, la ingesta alimenticia no fue diferente en los niveles de 0, 25 o 50% de sustitución de harina de pescado, mientras que

un reemplazo mayor al 75% la ingesta disminuyó significativamente. Ellos atribuyeron esta disminución a un imbalance entre los aminoácidos esenciales.

La palatabilidad es un aspecto muy importante en las dietas formuladas porque determina la ingesta alimenticia en las diferentes especies. La palatabilidad de una dieta se cree está asociada en gran parte al contenido de atractantes dietéticos. Los aminoácidos alanina y glicina se reportan ser muy buenos atractantes para camarones peneidos (Clark *et al.*, 1993; Coman *et al.*, 1996). Esta observación está en concordancia con los resultados de Deshimaru *et al.* (1985), quienes demostraron que el consumo de las dietas que contenían harina de lupino con bajos niveles de alanina y glicina fue pobre para juveniles *Penaeus monodon*. En un estudio similar con trucha arcoiris De la Higuera *et al.* (1988), encontraron que bajo alimentación a saciedad el consumo alimenticio de estos peces disminuye al aumentar los niveles de reemplazo de proteína de harina de pescado por proteína de harina de lupino. Dado el hecho que la tasa de ingestión es un indicador de la palatabilidad de una dieta, en este trabajo se observa que la ingesta de los animales alimentados con estas dietas disminuye conforme se incrementan los niveles de reemplazo de harina de pescado por amaranto (Tabla 6) similar al de las especies alimentadas con dietas conteniendo altos niveles de lupino.

Los resultados del presente trabajo, también tienen relación con los de Laovoravit *et al.* (1986); Kabuage (1996), quienes han observado que al incrementar los niveles del grano en forma cruda en dietas para pollos de engorde resulta una disminución de la ingesta de alimento y por ende una disminución en la ganancia del peso (%). Esto está en concordancia con los resultados de Ravindran *et al.* (1995), quienes en estudios preliminares de laboratorio han demostrado que la inclusión de amaranto de la especie *Amaranthus hypochondriacus* en dietas de forma cruda afecta la ingesta alimenticia de los

pollos. En este estudio, es importante considerar que las semillas de amaranto utilizadas en las dietas para los juveniles *L. vannamei* no recibieron ningún proceso previo para eliminar algunos factores aninutricionales reportados en este grano, lo cual podría haber sido la causa principal que contribuyó para el pobre rendimiento presentado por los animales alimentados con las dietas A25 a A45 (Tabla 6). A pesar de esto, Tillman y Waldroup (1986); Kabuage (1996), han observado que la extrusión y el autoclavado aparentemente mejoran el valor alimenticio del grano de amaranto. Esto tiene similitud con los resultados de Kabuage *et al.* (1996), quienes evaluaron el grano de amaranto de forma pelletizada a vapor y de forma no pelletizada (sin procesamiento previo) en el rendimiento de pollos para engorde a dos niveles de inclusión (20 y 40%). Estos autores, observaron que el peso promedio corporal del grupo de pollos alimentados con las dietas pelletizadas a vapor fue similar al grupo alimentado con una dieta control excepto con aquella que contenía un 40% de amaranto. La eficiencia alimenticia y la ganancia en peso para las dos dietas de 40% no pelletizadas fue más bajo que en aquellos pollos alimentados con dietas de 20%.

Los resultados obtenidos en este trabajo tienen similitud a los hallazgos de estos autores en cuanto a la preferencia alimenticia para las distintas especies de animales por las dietas de amaranto a diferentes niveles de reemplazo. En este trabajo, el FCA del grupo de camarones alimentados con las dietas A35 y A45 registró valores muy altos (>4.36) lo que indica la pobre capacidad que tuvieron estos camarones para convertir eficientemente el alimento en masa corporal. Por el contrario, las dietas con menores reemplazos (A15 y A25) y la dieta control fueron las que obtuvieron un bajo FCA (<3.76).

Un factor que influye en el crecimiento es el balance de aminoácidos en las dietas. La disminución en crecimiento observados en los experimentos en los cuales la harina de

pescado es reemplazada por fuentes proteicas alternativas, ha sido atribuida a además de factores antinutricionales a un inadecuado balance de minerales y aminoácidos de las fuentes a evaluar (Lim y Dominy, 1991). En este estudio, no se realizó análisis del perfil de aminoácidos a las dietas, pero los resultados obtenidos sugieren que las dietas con mayores reemplazos (A35 y A45) no tuvieron un buen balance nutricional. Esto lo confirman los resultados del crecimiento de los camarones alimentados con estas dietas los cuales tuvieron una baja ganancia en peso (<344.86). También, en la Tabla 6 se puede observar que la dieta A15 mostró una mejor ganancia en peso (450.99%) con respecto a las dietas A35 y A45, y no fue diferente de la dieta control la cual registró un valor de 523.07%. En este mismo sentido, Sudaryono *et al.* (1999) en un estudio evaluando harina de lupino en juveniles *Penaeus monodon* reportó que el bajo crecimiento registrado por los camarones alimentados con una dieta que contenía 100% de reemplazo de proteína de harina de pescado fue atribuido a la baja cantidad de los aminoácidos esenciales (lisina y metionina) presentes en esta dieta. Un bajo crecimiento de la trucha arcoiris alimentada con dietas conteniendo más de 30% de harina de lupino como sustituto de la harina de pescado fue también atribuido a una deficiencia en metionina y lisina (De la Higuera *et al.*, 1988).

Según Sudaryono *et al.* (1995), el crecimiento óptimo en camarones no está influenciado solamente por el nivel de proteína dietética sino también por la fuente de proteína, además la utilización de la proteína y el crecimiento son más eficientes cuando la proporción correcta de todos los aminoácidos esenciales están simultáneamente disponibles en los tejidos (Hardy, 1991b). En este ensayo, la tasa de eficiencia proteica fue diferente significativamente entre los tratamientos registrando la mayor eficiencia proteica la dieta control (0.95 ± 0.12) y la dieta A15 (0.88 ± 0.20), por lo que sugiere que

no todas las dietas que fueron isoproteicas e isolipídicas tuvieron la misma calidad proteica.

En este experimento, aunque no hubo diferencias significantes entre los tratamientos con respecto a la supervivencia los camarones que recibieron la dieta A45 presentaron altas mortalidades (74.29 ± 30.97). Esto puede ser atribuido a que a este grupo de camarones se les detectó necrosis del hepatopáncreas (NHP) con un grado muy severo mostrando debido a esto una falta total de consumo de alimento, letargia, tracto intestinal vacío y cuerpos flácidos. Por lo tanto, la falta de consumo de alimento podría haber contribuido a las altas mortalidades. Mertz (1972) sugirió que los altos niveles de aminoácidos dietéticos pueden causar toxicidad y acumulación en los tejidos. Por otra parte, Recodo (1991) a través de una técnica de microscopio electrónico observó necrosis extensiva en el hepatopáncreas del camarón cuando se alimentó con dietas conteniendo altos niveles de histidina. Sin embargo, los resultados obtenidos con esta dieta no pueden ser atribuidos a lo afirmado por estos autores ya que en este estudio no se realizó ningún tipo de análisis.

En otro aspecto, Los resultados de este estudio muestran que la DAP de las dietas con harina de amaranto no se correlacionaron con el crecimiento de los camarones. Esta observación tiene concordancia con algunos estudios en peneidos alimentados con dietas formuladas (Eusebio, 1991) y (Smith *et al.*, 1985). Las dietas A35 y A45 obtuvieron bajos porcentajes de DAMS en comparación con los valores de DAP, lo que indica que los juveniles *L. vannamei* pueden digerir eficientemente la proteína de las dietas conteniendo altos niveles de harina de amaranto a pesar de que las semillas de amaranto en este ensayo no recibieron un proceso como autoclavado, extrusión y descascarado previo a su incorporación con el resto de ingredientes de las dietas. Según Davis y Arnold (1995), el

procesamiento de extrusión ha demostrado influenciar la disponibilidad energética en algunos granos de cereales suministrados al *L. vannamei*. Otro método para aumentar potencialmente el valor nutritivo de leguminosas es remover la cáscara para reducir el contenido de fibra de las harinas (Davis *et al.*, 2002). La alta digestibilidad proteica de las dietas utilizadas en este estudio sugieren que cualquier factor antinutricional en las dietas tal como el inhibidor de tripsina, no causó ningún efecto en las enzimas digestivas y por consiguiente sobre la digestibilidad. Los valores de DAP de las dietas con harina de amaranto están en un rango aceptable y tienen similitud con los coeficientes de los ingredientes reportados por Akiyama *et al.* (1989), tales como la harina de calamar (79.7%), harina de pescado (80.7%), harina de camarón (74.6%), la harina de soya (89.9%) y la hojuela de arroz (76.4%).

La estabilidad de un pellet en el agua es un parámetro de control de calidad muy importante para estimar el nivel de la desintegración y lixiviación de nutrientes que ocurren hasta que el pellet es consumido por el animal. En el presente ensayo, las dietas con amaranto tuvieron una hidroestabilidad similar a la dieta control, a excepción de la dieta A45 la cual registró la RMS más baja. Pobre estabilidad en el agua de dietas con altos niveles también han sido observados con harina de soya dietética (42% o más) y de harina de lupino (70%) por Lim y Dominy (1990) en *L. vannamei* y Sudaryono *et al.* (1995) en *P. monodon*. Los resultados muestran que las dietas con los tres primeros niveles de sustitución tuvieron una estabilidad similar a la dieta control (Tabla 5). La estabilidad de los pellets de la dieta A35 fue similar a la estabilidad de aquellos de las dietas A15 y A25, y si observamos los camarones alimentados con éstos últimos obtuvieron una buena ganancia en peso (%) y crecimiento (Tabla 6), no así los

alimentados con la dieta A35 lo que podría indicar que el menor rendimiento de la dieta A35 no se puede atribuir a su hidroestabilidad.

5.2. QUINUA

En los últimos 15 años, una considerable atención ha sido dedicada a la evaluación de proteínas de origen vegetal tales como soya (Lim y Dominy, 1990; Tidwell *et al.*, 1993; Sudaryono *et al.*, 1995), semilla de algodón (Lim, 1996), lupino (Sudaryono *et al.*, 1999) papaya y harina de hoja de camote (Peñaflorida, 1995) como ingredientes en alimentos de animales acuáticos. Sin embargo, debido a algunos problemas asociados con niveles insuficientes de aminoácidos indispensables (e.g., lisina y metionina), factores antinutricionales y una pobre palatabilidad, el uso comercial o los niveles de inclusión de algunos de estos es con frecuencia limitado.

La quinua es considerado un cereal por poseer propiedades similares a éstos con un alto contenido proteico (12-19%) y de aminoácidos como la lisina y metionina considerados comúnmente limitantes en otras fuentes proteicas (Galway *et al.*, 1990; Ahamed *et al.*, 1998). Sin embargo, parece no haber literatura disponible acerca de trabajos que evalúen a la quinua como ingrediente proteico vegetal en la incorporación de dietas en animales acuáticos. Los resultados del presente estudio muestran que con la harina de quinua preparada a partir de semillas de *Chenopodium quinua* previamente lavadas se puede reemplazar hasta el 45% de proteína de harina de pescado como una fuente proteica vegetal para juveniles *Litopenaeus vannamei*, sin tener efectos adversos en el crecimiento, supervivencia y conversión del alimento.

Un hecho muy relevante en este trabajo es la carencia de diferencias significativas en el rendimiento de los camarones alimentados con la dieta control (AQ0) y las dietas conteniendo quinua como ingrediente principal. A como se puede observar en la Tabla 7, las dietas a base de quinua a cualquier nivel de reemplazo 15, 25, 35 y 45% obtuvieron una tasa de crecimiento igual o mayor a la dieta control (3.03 ± 0.27) también siendo a la vez mayores que la dieta comercial (2.46 ± 0.09).

En este estudio, la supervivencia del camarón no fue significativamente afectada al reemplazar la proteína de la harina de pescado por la proteína de quinua en las dietas indicando que cualquier imbalance de nutrientes no causó un malfuncionamiento del sistema inmune o metabólico. Esto lo confirman los resultados del rendimiento de los camarones alimentados con estas dietas isoproteicas (30%) e isolipídicas (9.6%), las cuales reflejan un buen balance nutricional. En la Tabla 7, se puede observar que todos los camarones presentaron un buen aprovechamiento del alimento (<3.36) para dar como resultado un buen crecimiento y ganancia en peso (%). La dieta Q15 mostró tener una mejor tasa de crecimiento y ganancia en peso (3.29 y 625.61, respectivamente) con respecto a las dietas Q35 y Q45. Por lo tanto, dado que el crecimiento y la ganancia en peso son afectadas por la cantidad y calidad de la proteína en la dieta, estos resultados sugieren que la calidad proteica de la quinua es alta.

Resultados iguales a los del presente estudio se han podido encontrar evaluando otras fuentes proteicas vegetales con niveles de reemplazo similares. Por ejemplo, con la soya la cual es considerada como la principal fuente de proteína de origen vegetal, (Lim y Dominy, 1990; 1992) han demostrado que ésta puede efectivamente reemplazar hasta el 42% de proteína de harina de pescado en dietas para *Litopenaeus vannamei*. Sin embargo, en otras especies como los peces un alto nivel de inclusión ($>30\%$) de harina de soya

puede causar daño intestinal y en general reducir el crecimiento (Dersjant-Li, 2002). En otro trabajo, Lim (1996) evaluando harina de algodón reportó que 26.5% de harina de semilla de algodón con solvente extraído puede ser utilizada para reemplazar 40% de una mezcla de proteína animal en dietas para juveniles *L. vannamei*, mientras que Lawrence y Castille (1989) indicaron que la harina de semilla de algodón puede reemplazar harinas de pescado y cabeza de camarón en dietas para camarones peneidos sin afectar el crecimiento, pero a niveles inferiores que la soya.

En otro estudio, evaluando harina de chícharos Bautista *et al.* (2003) reportaron que el nivel más alto de reemplazo proteico (25%) en la dieta puede ser utilizado efectivamente por los camarones de la especie *Penaeus monodon* sin afectar el crecimiento. Estos autores observaron que todas las dietas preparadas incluso el nivel de reemplazo más alto, fueron altamente aceptables y fácilmente consumidos por los camarones. Por otra parte, en un reciente estudio Hernández *et al.* (2004) evaluaron el reemplazo de la proteína de la harina de pescado por proteína de harina de maíz con co-extruido de vísceras de tuna y encontraron que la supervivencia (%), ganancia en peso (%) y el FCA fueron mejorados o no influenciados significativamente por este reemplazo excepto por un leve aumento en el consumo alimenticio sin afectar el FCA. De tal manera que estos autores concluyeron que este producto puede ser incluido hasta en un 40% en dietas para camarones juveniles *L. vannamei* sin ningún efecto adverso.

En el presente estudio, algunos de los resultados y observaciones por estos autores al evaluar otras fuentes proteicas tienen similitud con los de este trabajo en el cual la aceptación, consumo y aprovechamiento de las dietas por los camarones alimentados con harina de quinua no fue un problema, por el contrario en este estudio la quinua ha podido reemplazar hasta un 45% la proteína de harina de pescado sin tener efectos adversos en el crecimiento.

Según Houser y Akiyama (1997), el valor de una fuente proteica en la formulación alimenticia de crustáceos está determinada por la cantidad de aminoácidos limitantes que están disponibles para éstos. Se conoce que un imbalance de aminoácidos dietéticos conducen a una reducción en el crecimiento y a una disminución de la eficiencia para retener la proteína sintetizada; la síntesis de proteína es esencial para proveer un suplemento de proteínas estructurales que promuevan el crecimiento del animal (Mente *et al.*, 2002). En este estudio, las dietas no registraron diferencias significativas respecto al uso eficiente de la proteína por parte de los camarones, dando de esta manera como resultado una buena ganancia en peso corporal (>474.69) con excepción de la dieta comercial que obtuvo la menor ganancia en peso (337.27 ± 22.85). Esta carencia de diferencias significantes entre las dietas sugiere que todos los camarones alimentados con harina de quinua a cualquier nivel de reemplazo tuvieron alta eficiencia proteica debido a que los aminoácidos comúnmente limitantes (lisina y metionina) probablemente estuvieron disponibles en la cantidad adecuada.

Es conocido que la mayoría del potencial, alternativo, de fuentes de nutrientes derivadas de plantas contienen una amplia variedad de sustancias antinutricionales (Francis *et al.*, 2001). Los factores antinutricionales han sido reportados como una causa para una pobre palatabilidad en muchas especies. Por ejemplo, en la harina de canola específicamente taninos (1.5-3.0%) y glucosinatos ($<30 \mu\text{mol}$ por gramo de harina) pueden tener un efecto en la aceptación del alimento si los productos de canola son incluidos en niveles altos en la dieta (McCurdy y March, 1992). En otro aspecto, las saponinas en la harina de semillas de lupino (1.1%) y alfalfa ($<0.30\%$ en variedades de bajo contenido a $>1.5\%$ en variedades con alto contenido) pueden ser factores contribuyentes por el bajo crecimiento de la trucha arcoiris (De la Higuera *et al.*, 1988), y la tilapia (Yusif *et al.*, 1994).

A pesar de que la quinua es un pseudocereal con un alto contenido de proteína, muchos de estos factores antinutricionales han sido encontrados en ésta planta, tales como saponinas, ácido fítico, inhibidores de tripsina y taninos (Ruales y Nair, 1993; Ando *et al.*, 1999). Según Chauhan *et al.* (1999), el valor alimenticio de la quinua es bajo cuando es suministrada de forma cruda pero cuando es lavada antes de ser utilizada en la alimentación este valor se mejora. Esta observación por estos autores es consistente con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el cual los camarones alimentados con harina de quinua mostraron un buen rendimiento en general (Tabla 7).

El lavado de la quinua ha demostrado ser un modo efectivo para remover las saponinas, lo cual sugiere que las saponinas o algún otro factor antinutricional soluble en agua pudiera ser el responsable para el crecimiento retardado que se observa en los pollos de engorde cuando la quinua es incorporada en forma cruda (Improta y Kellems, 2001). Las saponinas parecen estar concentradas en la cáscara de la semilla de la quinua y el descascarado de la quinua se ha encontrado que reduce el contenido de saponina de 85.2 a 98.8 % (Reichert *et al.*, 1986). Esto tiene concordancia con los hallazgos de Jacobsen *et al.* (1997), quienes observaron que el descascarado de la quinua mejora ligeramente el rendimiento de pollos para engorde.

Por otra parte, la quinua sin lavar se ha encontrado que disminuye la ingesta alimenticia y la conversión alimenticia en ratas (Ruales y Nair, 1992), resultados que tienen relación con los alcances obtenidos en el presente experimento en el cual los camarones alimentados con quinua, mostraron una buena ingesta alimenticia (4.50-4.91) y aprovechamiento del mismo (Tabla 7). Basados en la observación visual y en el comportamiento de los camarones durante el tiempo de alimentación, la palatabilidad o aceptación no fue un problema en este estudio, por el contrario se pudo observar que los

camarones consumieron todo el alimento en poco tiempo lo cual indica que la saponina no afectó la palatabilidad de las dietas.

Al igual que los resultados de este estudio Improta y Kellems (2001), en otro estudio demostraron que al hacer una comparación entre las dietas a base de quinua de forma cruda, lavada y descascarada con respecto a dietas a base de trigo, sorgo y maíz en el crecimiento de pollos para engorde, los que registraron un mejor rendimiento fueron aquellos alimentados con quinua de forma lavada; los pollos que recibieron este tipo de dietas (quinua lavada) tuvieron un rendimiento casi igual a aquellos que recibieron dietas a base de harina de maíz y sorgo. Los pollos alimentados con quinua de forma cruda registraron una conversión alimenticia de 7.0, con una ganancia en peso de 160.4% y supervivencia de 43.2%, mientras que aquellos alimentados con las dietas de quinua de forma lavada presentaron una conversión alimenticia de 2.3, ganancia en peso de 737.6% y supervivencia de 93.3%. Estos autores, concluyen de que el lavado de la quinua fue más efectivo que suministrar la quinua de forma cruda y de forma descascarada. De esta manera, los resultados de este trabajo con los de otros autores muestran que la quinua con un lavado previo a la alimentación tiene un efecto positivo en el rendimiento de los animales, lo cual confirma que el lavado que se le realizó a la quinua en el presente experimento tuvo un efecto similar en otras especies de animales en cuanto a rendimiento con los camarones juveniles *L. vannamei*.

Los resultados de la digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) en el presente trabajo indican que las dietas a base de semillas de quinua fueron generalmente mejor digeridas por los juveniles *L. vannamei* que la dieta sin harina de quinua (AQ0), esto a pesar de que según Ruales y Nair, 1993, las saponinas son los factores antinutricionales primarios encontrados en las semillas de quinua. Las saponinas son esteroides o

glucósidos triterpenoides encontrados en muchos ingredientes alimenticios alternativos para animales derivados de plantas (Francis *et al.*, 2001). Dado que la ingestión precede a la digestión, la palatabilidad (sabor, textura, tamaño y forma) determina en última instancia los nutrientes disponibles para la digestión (Lee y Meyers, 1996). Durante el ensayo se pudo observar que los camarones tuvieron una respuesta rápida de alimentación y las dietas fueron fácilmente consumidas por los animales lo cual sugiere la buena biodisponibilidad de nutrientes que tuvieron estas dietas para los camarones. Los valores de la DAMS para las dietas con quinua registraron valores entre 79.65% y 84.08% vs. 65.11% que registró la dieta control (AQ0). Entre las dietas con quinua no hubo diferencias significativas. Estos valores son similares a los ingredientes purificados (caseína, gluten de trigo, proteína de soya, gelatina y almidón de maíz) reportados por Akiyama *et al.* (1989), los cuales obtuvieron un rango de 68.3-91.4% registrando el valor más alto la caseína.

Los valores de DAP reportados en este estudio son superiores a los obtenidos por Ruales y Nair (1994), quienes han reportado que la digestibilidad de proteína cruda de la quinua lavada *in vitro* fue de 83%. También, estos valores obtenidos en este estudio tienen similitud con otros coeficientes de fuentes proteicas vegetales. Fenucci (1981), reportó que la DAP para el *L. vannamei* en una dieta conteniendo soya estuvo en un rango entre 83-86%. Otras proteínas vegetales también se han reportado ser digeridas con eficiencia en un rango de 75% a casi 95% por el *Penaeus monodon* (Eusebio, 1991), *Litopenaeus stylirostris* (Fenucci *et al.*, 1982) y *Palaemon serratus* (Forster y Gabbot, 1971). En este mismo sentido, los coeficientes de DAP para las dietas con quinua fueron mayores que algunos productos de animales. Akiyama *et al.* (1989), reportó 75% de DAP para la harina de camarón consumida por *L. vannamei*. Lazo (1994), reportó 50% para la harina de camarón utilizando una técnica *in vitro*. En subsecuentes ensayos *in vitro* con

diferentes harinas de camarón presuntamente de mejor calidad, la DAP reportada fue de 78%. Estos buenos resultados de DAMS y DAP logrados en este estudio para las dietas de quinua pueden atribuirse a tres cosas muy importantes: 1) Buena biodisponibilidad de nutrientes en las dietas 2) Carencia o baja concentración de factores antinutricionales como saponinas e inhibidores de tripsina 3) El lavado de la quinua para mejorar su valor nutritivo.

La estabilidad del pellet en el agua estuvo relacionada directamente al nivel dietético de harina de quinua. Los valores estuvieron entre 47.65% y 72.29% para las dietas con quinua, registrando la menor RMS la dieta Q45 (Tabla 5). La dieta control obtuvo un valor de 72.77%. El porcentaje de RMS después de 2 horas de inmersión disminuyó con el incremento de los niveles de reemplazo de harina de pescado por quinua. En estudios anteriores, con dietas formuladas para peneidos se ha reportado que los camarones alimentados con pellets de alta estabilidad en el agua generalmente tienen ganancias en peso e ingestas alimenticias más altas que aquellos alimentados con pellets de baja estabilidad en el agua (Sudaryono *et al.*, 1995) Sin embargo, los resultados de estabilidad con la dieta Q45 (47.65%) no apoya lo afirmado por estos autores porque a como se observa en la Tabla 7, la tasa de ingestión y el crecimiento del camarón con esta dieta no se vieron afectados. Por lo tanto, dado el bajo porcentaje de RMS registrado por esta dieta a las dos horas, esto sugiere que el camarón consumió de una manera rápida el alimento y lo aprovechó de una manera eficaz.

Aunque el rendimiento de la harina de amaranto no fue tan buena como la harina de quinua, mostró ser una moderada fuente proteica para los camarones. El amaranto demostró ser inadecuado a niveles de reemplazo mayores a 35%; no obstante aún a niveles de 15% no produjo un crecimiento similar a la quinua.

6. CONCLUSIONES

- La harina de quinua tiene potencial como ingrediente alimenticio para reemplazar a la costosa harina de pescado hasta un nivel de 45% sin afectar el rendimiento de camarones juveniles *Litopenaeus vannamei*.
- Los camarones en todos los niveles de reemplazo evaluados demostraron digerir eficientemente la proteína de la quinua, y presentaron una buena digestibilidad de materia seca.
- El lavado previo de la quinua fue efectivo en eliminar algunos factores antinutricionales reportados en las semillas de la quinua.
- La harina de amaranto fue inferior a la harina de quinua, demostrando que a un nivel de reemplazo de 15% el rendimiento del camarón se ve afectado.
- La dieta A15 (15% de amaranto) obtuvo mejores resultados en cuanto a ganancia en peso.
- Las dietas A15 y A25 presentaron la mejor digestibilidad aparente de materia seca y de proteína.
- El amaranto sin un proceso previo no es adecuado como ingrediente alimenticio.

7. RECOMENDACIONES

- Gran planta de procesamiento de quinua de las Escuelas Radiofónicas de Ecuador (ERPE) ubicada en Chimborazo tiene capacidad de procesamiento de 200 quintales diarios, esperando actualmente que haya pedidos para ponerla a trabajar.
- Realizar procesamientos previos a la utilización de estas nuevas fuentes proteicas vegetales para de esta manera mejorar el valor nutritivo y la disponibilidad de nutrientes de las dietas a evaluar.
- El presente trabajo debería repetirse bajo condiciones de estanques.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ahamed, N.T., R.S. Singhal, P.R. Kulkarni, Mohinder-Pal y M. Pal. 1998. A lesser known grain, *Chenopodium quinoa*; review of the chemical composition of its edible parts. Food and Nutrition Bulletin, 19: (1) 61-70.
- Akiyama, D.M. 1988. Soybean meal utilization by marine shrimp. AOCS world congress on vegetable protein utilization in human food and animal feedstuffs, Singapore, October 2-7. American Soybean Association, Singapore.
- Akiyama, D.M., S.R. Coelho, A.L. Lawrence, E.H. Robinson. 1989. Apparent digestibility of feedstuffs by the marine shrimp *Litopenaeus vannamei* Boone. Nippon Suisan Gakkashi. 55: 91-98.
- Akiyama, D.M. 1991. Soybean meal utilization by marine shrimp. In: Akiyama, D.M., R.K.H. Tan, (Eds.), Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia, September 19-25. American Soybean Association, Singapore, pp. 207-225
- Ando, H., Tang-Hanjun, K. Watanabe, T. Mitsunaga, y H.J. Tang. 1999. Characteristics of quinoa as a foodstuff. Part 1. Characteristics of the food component in quinoa in comparison with other cereals. Bulletin of the Institute for Comprehensive Agricultural Sciences, Kinki University, N° 7 pp. 107-111.
- A.O.A.C., 1991. Official methods of análisis. 15th Edit. Washington, D.C. USA. pp.87-102.
- Barlow, S. 1989. Fishmeal – world outlook to the year 2000. Fish farmer, 40-41, 43.
- Barlow, S. 2000. Fishmeal and fish oil. The Advocate. 3: 85-88.

- Bautista-Teruel, M.N., P.S. Eusebio, y T.P. Welsh. 2003. Utilization of feed pea, *Pisum Sativum*, meal as a protein source in practical diets for juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 225: 121-131.
- Brand, C.W. y L.B. Colvin. 1977. Compounded diets for early portlarval *Penaeus californiensis*. *Proc. 8th Annu. Meet. World Mariculture Society*. 8: 811-820.
- Bressani, R. 1990. Grain amaranth. Its chemical composition and nutritive value. In: *Proc. Fourth Amaranth Symp. Minnesota Ext. Serv., Minnesota Agr., Univ. Minnesota, St. Paul*.
- Buchanan, J., H.Z. Sarac, D. Poppi, y R.T. Cowan. 1997. Effects of enzyme addition to canola meal in prawn diets. *Aquaculture* 151: 29-35.
- Catacutan, M.R. 1991. Apparent digestibility of diets with various carbohydrate levels and the growth response of *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 95: 89-96.
- Chauhan, G.S., N.A.M. Eskin, y P.A. Mills. 1999. Effect of saponin extraction on the nutritional quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) proteins. *Journal of Food Science and Technology*, 36 (2) 123-126.
- Cheng, Z. J., K.C. Behnke, y W.G. Dominy. 2002a. Effects of Poultry By-Product Meal as a Substitute for Fish Meal in Diets on Growth and Body Composition of Juvenile Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Aquaculture*. 12 (1) 71-83.
- Cheng, Z. J., K.C. Behnke, y W.G. Dominy. 2002b. Effect of Feather Meal on Growth and Body Composition of the Juvenile Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Aquaculture*. 12 (1) 57-69.
- Clark, D.J., A.L. Lawrence, y D.H.D. Swakon. 1993. Apparent chitin digestibility in penaid shrimp. *Aquaculture*. 109: 51-57.

- Coman, G.J., H.Z. Sarac, D. Fielder, y M. Thorne. 1996. Evaluation of crystalline amino acids, betaine and AMP as food attractants of the giant tiger prawn *Penaeus monodon*. Comp. Biochem. Physiol. 113: 247-253.
- Cousin, M., G. Cuzon, y J. Guillaume. 1996. Digestibility of starch in *Litopenaeus vannamei*: in vivo and in vitro study of eight samples of various origin. Aquaculture. 140 (4) 361-372.
- Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, J.D. Pinal-Mansilla, y P. Wesche-Ebelling. 1994. Effect of different carbohydrate sources on the growth of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 123: 349-360.
- Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, y C. Guajardo. 2000. Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 19-22, Noviembre.
- Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, I.M. McCallum, D. Hackling. 2001. Assessment of differently processed feed pea (*Pisum Sativum*) meals and canola meal (*Brassica sp.*) in diets for blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*). Aquaculture. 196: 87-104.
- Cusack, D.F. 1984. Quinoa: grain of the Incas. The Ecologist 14: 21-30.
- D'Abramo.....
- Davis, D.A., y C.R. Arnold. 1993. Evaluation of five carbohydrate sources for *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 114: 285-292.
- Davis, D.A., y C.R. Arnold. 1995. Effects of two extrusion processing conditions on the digestibility of four cereal grains for *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 133: 287-294.

- Davis, D.A., C.R. Arnold, y I. McCallum. 2002. Nutritional value of feed peas (*Pisum sativum*) in practical diet formulations for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*. 8: 87-94.
- De la Higuera, M., M. Garcia-Gallego, A. Sanz, G. Cardenette, M.D. Suárez, y F.J. Moyano. 1988. Evaluation of lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*. 71: 37-50.
- Dersjant-Li, Y. 2002. The use of soy protein in aquafeeds. In: Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia Salazar, M.G. Gaxiola-Cortés, N. Simoes. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 al 6 de Sept. del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Deshimaru, O., K. Kuroki, M.A. Mazid, y S. Kitamura. 1985. Nutritional quality of compounded diets for prawn *Penaeus monodon*. *Bulletin Japanese Society Science Fisheries*. 51: 1037-1044.
- Divaram, S., y M. Velasco. 2002. Trial test cottonseed meal as soybean replacement in shrimp feed. *Advocate* 5(4):36.
- Dominy, W.G., y H. Ako. 1988. The Utilization of Blood Meal as a Protein Ingredient in the Diet of the Marine Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 70: 289-299.
- Eusebio, P.S. 1991. Effect of dehulling on the nutritive value of some leguminous seeds as protein sources for tiger prawn *Penaeus monodon* juveniles. *Aquaculture*. 99: 297-308.
- FAO (1999). *Aquaculture Production Statistics 1988-1997*. FAO Fisheries Circular 815, Rev.11. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 197 pp.
- Fenucci, J.L. 1981. *Studies on the Nutrition of Marine Shrimp of Genus Penaeus*, Ph.D. Dissertation, University of Houston, TX. pp. 185.

- Fenucci, J.L., H.C. Fenucci, A.L. Lawrence, y Z.D. Zein-Eldin. 1982. The assimilation of protein and carbohydrate from prepared diets by the shrimp *Litopenaeus stylirostris*. Journal World Mariculture Society. 13: 134-145.
- Fernández, R.R., y A.L. Lawrence. 1988. The nutritional responses of three species of postlarval shrimp to cottonseed meal. Journal of the World Aquaculture Society. 19:30A
- Forster, J., y P. Gabbot. 1971. The assimilation of nutrients from compounded diets by the prawns *Palaemon serratus* y *Pandalus platyceros*. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom. 51: 943-961.
- Forster, I.P., W. Dominy, L. Obaldo, y A.G.J. Tacon. 2003. Rendered meat and bone meal as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Aquaculture. 219: 655-670.
- Francis, G., H.P.S. Makkar, y K. Becker. 2001. Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture. 199: 197-227.
- Galway, N.W., C.L.A. Leakey, K.R. Price, y G.R. Fenwick. 1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa. Food Science and Nutrition. 4: 245-261.
- Gouveia, A., y S.J. Davies. 1998. Preliminary evaluation of pea seed meal (*Pisum sativum*) for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture. 166: 311-320.
- Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot, y R. Metailler. 2001. Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans. pp. 286.
- Hardy, R., y T. Masumoto. 1991. Specification for marine by-products for aquaculture. Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop: 109-115.

- Hardy, R. W. 1991b. Fish hydrolizates. In: Production and Use in Aquaculture Feeds. Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop (Akiyama, D.M. y Tan, R.K. eds), pp.109-115. Amer.Soybean Assoc., Singapore.
- Hardy, R.W. 1999a. Alternate Protein Sources. Feed Management. 50: 25-28.
- Hardy, R.W. 1999b. Collaborative opportunities between fish nutrition and other disciplines in aquaculture: an overview. Aquaculture 177: 217-230.
- Hardy, R.W. 2000. New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. In:Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa, y R. Civera-Cerecedo. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre,. Mérida, Yucatán, México.
- Hardy, R.W., y A.G.J. Tacon. 2002. Fishmeal: Historical Uses, Production Trends and Future Outlook for Sustainable Supplies. In: Stickney, R.R., y J.P. McVey. Responsible Marine Aquaculture. National Sea Grant Program. Maryland, USA. pp. 416.
- Hernández, C.J., J. Sarmiento-Pardo, B. González-Rodríguez, I. Abdo de la Parra. 2004. Replacement of fishmeal with co-extruded wet tuna viscera and corn meal in diets for *Litopenaeus vannamei* Boone. Aquaculture Research. 35: 1153-1157.
- Houser, R.H., y D.M. Akiyama. 1997. Feed Formulation Principles.In:Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, volume 6. pp. 493.
- IFFO, 1996. What raw materials will be available in the future - fishmeal and fish oil. www.iffco.org.uk/aqua.htm
- Improta, F., y R.O. Kellems. 2001. Comparison of raw, washed and polished quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) to wheat, sorghum or maize based diets on growth and survival of broiler chicks. Livestock Research for Rural Development. 13: 1.

- Jacobsen, E.E., B. Skadhauge, y S.E. Jacobsen. 1997. Effect of dietary inclusion of quinoa on broiler growth performance. *Animal Feed Science and Technology*. 65: 1-14.
- Joslyn, M., y J. Goldstein. 1964. Astringency of fruits and fruit products in relation to phenolic content. *Advocate Food Research*. 13: 179-217.
- Kabuage, L.W., P.N. Mbugua, B.N. Mitaru, T.A. Ngatia. 1996. Effect of steam pelleting and inclusion of molasses in amaranth diets on broiler chicken performance, carcass composition and histopathology of some internal organs. www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/550
- Koeppel, S.J., y J.H. Rupnow. 1988. Purification and characteristics of a lectin from the seeds of amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Journal of Food Science*. 53: 1412-1422.
- Laovoravit, N., F.H. Kratzer, y R. Becker. 1986. The nutritional value of amaranth for feeding chickens. *Poultry science*. 65: 1365-1370.
- Lawrence, A.L., y F. Castille. 1989. Use of soybeans, cottonseed, meat and bone meal and dried blood in shrimp feeds. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 66: 664.
- Lazo, J.P. 1994. Evaluation of several *in vitro* enzyme assays for estimating *in vivo* apparent protein digestibility by the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. MS. thesis, Louisiana State Univ., Baton Rouge, LA. pp. 63.
- Lee, P.G., y S.P. Meyers. 1996. Chemoattraction and feeding stimulation in Crustacea. *Aquaculture Nutrition*. 2: 157-164.
- Lehman, J. 1988. Carbohydrates of amaranth. *Legacy* 1: 4-8 American Amaranth Institute Bricelyn, MN.

- Liener, I.E. 1989. Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. In: Huisman, J., A.F.B. van der poel, I.E. Liener (Eds), Recent Advances in Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds. Pudoc, Wageningen. pp. 6-14.
- Lim, C., y W. Dominy. 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 87: 53-63.
- Lim, C., y W. Dominy. 1991. Utilization of plant proteins by warm water fish. In: Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop (ed. by D.M. Akiyama y R.K.H. Tan); pp. 163-172. American Soybean Association, Singapore, September 19-25.
- Lim, C., y W. Dominy. 1992. Substitution of full-fat soybeans for commercial soybean meal in diets for shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of Applied Aquaculture. 87: 53-6.
- Lim, C. 1996. Substitution of cottonseed meal for marine animal protein in diets for *Litopenaeus vannamei*. Journal of World Aquaculture Society. Vol. 24, N° 4.
- Liu, Y.J., D.H. Liu, J. Feng, y L.X. Tian. 2000. Soy protein concentrate can efficiently replace fishmeal in tiger shrimp feeds. Research report Fish Nutrition Laboratory, Zhongshan University, R.R. China.
- Marchiori, M., C.V. Magalhaes, J.S. Yunes, y J.A. Levy. 1982. Studies on artificial feeding of *Penaeus paulensis*. Atlantica. 5(1): 43-48.
- Mbahinzireki, G.B., K.J. Lee, D. El-Saidy, y E.R. Wisner. 2001. Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis sp.*) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating system. Aquaculture Nutrition. 7: 189-200.
- McCallum, I., W. Newell, L.E. Cruz-Suárez, D.R. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, A. Davis, D. Thiessen, L. Campbell, A.O. Meyer-Willerer, C. Phillips, y D. Hickling. 2000. Uso de arvejón (feed pea, chicharo) *Pisum sativum* en alimentos para

- camarones *Litopenaeus stylirostris* y *Litopenaeus vannamei*, tilapia (*Oreochromis niloticus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*) In: Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa, y R. Civera-Cerecedo. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre. Mérida, Yucatán, México.
- McCurdy, S.M., y B.E. March. 1992. Processing of canola meal for incorporation in trout and salmon diets. *JAOC* 69, 213-220.
- McGinnis, A., y R. Kasting. 1964. Colorimetric analysis of chromic oxide to study food utilization and consumption of food by phytophagous insects. *Agricultural and Food Chemistry* 12: 259-262.
- Mente, E., P. Cotteau, D. Houlihan, I. Davidson, y P. Sorgeloos. 2002. Protein turnover, amino acid profile and amino acid flux in juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*: Effects of dietary protein source. *Journal of Experimental Biology*. 205: 3107-3122.
- Mertz, E.T. 1972. The protein and amino acids needs. In: Halver, J.E. (Ed.), *Fish Nutrition*. Academic Press, New York, pp. 105-143.
- Molina et al., 2004a (Lupino)
- Molina, C. 2004b. Evaluación del gluten de maíz como una fuente reemplazante de la harina de pescado en dietas para el camarón juvenil *Litopenaeus vannamei*. CENAIM INFORMA. Boletín Informativo N°106.
- Molina-Poveda, C., y M.E. Morales. 2004c. Use of a mixture of barley-based fermented grains and wheat gluten as an alternative protein source in practical diets of *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*. 35: 1158-1165.

- Monteros, C., C. Nieto, C. Caicedo, M. Rivera, y C. Vimos. 1994. "INIAP ALEGRIA" Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana. Boletín Divulgativo N° 246. Estación Experimental "Santa Catalina", Quito.
- Naylor, R.L., R.J. Goldburg, J.H. Primavera, N. Kautsky, M.C.M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney, y M. Troell. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*. Vol. 405.
- Nieto, C., C. Vimos, C. Monteros, C. Caicedo, y M. Rivera. 1992. "INIAP-INGAPIRCA e INIAP-TUNKAHUAN" Dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina". Boletín Divulgativo N° 228. Est. Experimental "Sta. Catalina", Quito.
- Olsen, J. 2002a. Quinoa quinoa saponina chenopodium seed is high in protein, calcium and iron. <http://www.ccbol.com/quinoaTodo.html>
- Olsen, J. 2002b. Quinoa (quinoa).[http: www.geocities.com/quinoa2002/](http://www.geocities.com/quinoa2002/)
- Paripatananont, T., M. Boonyaratpalin, P. Pengseng, y P. Chotipuntu. 2001. Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture Research*. 32: 369-374.
- Pauly, D., V. Christensen, R. Froese, y M.L. Palomares. 2000. Fishing down aquatic food webs. *American Science*. 88: 46-51.
- Pedersen, B., L. Hallgren, I. Hansen, y B.O. Eggum. 1987. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) 2. As a supplement to cereals. *Plant Food Human Nutrition*. 36: 325-334.
- Peñaflorida, V.D. 1995. Growth and survival of juvenile tiger shrimp fed diets where fishmeal is partially replaced with papaya (*Carica papaya* L.) or camote (*Ipomoea batatas* Lam) leaf meal. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 47: 25-33.

- Pereira, T.G., y A. Oliva-Teles. 2003. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture Research*. 34: 1111-1177.
- Rao, D.S., P.P. Pillai, K.J. Mathew, K. Rengarajan, D. Vincent, y L.R. Khambadkar. 1983. Alfalfa promotes the growth in shrimps. *Marine Fisheries Information Service*. 53: 17-9.
- Ravindran, V., R.L. Hood, R.J. Gill, C.R. Kneale, y W.L. Bryden. 1995. Effect of processing on the feeding value of grain amaranth for Broilers. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia* (19).
- Recodo, A.G. 1991. Histophysiological effects of various histidine levels in the diet on the hepatopancreas of *Penaeus monodon* Fabricius. Master thesis. Institute of Biology, College of Science, U.P. Diliman, Quezón City, Philippines, pp.104.
- Reichert, R.D., J.T. Tatarynovichm, y R.T. Tyler. 1986. Abrasive dehulling of quinoa (*Chenopodium quinoa*): effect on saponin content as determined by an adapted hemolytic assay. *Cereal Chemistry*. 63 (6) 471-475.
- Reyes-Canino, R., I. Fragacastro, J.A. Galindo López, y D.Ramos Castillo. 2003. Influencia de la alfalfa (*Medicago sativa*) en el crecimiento de postlarvas de camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*). www.civa2003.org 900-906.
- Ruales, J., y B.M. Nair. 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*. 42: (1) 1-11.
- Ruales, J., y B.M. Nair. 1993. Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry*. 48: (2) 137-143.
- Ruales, J., y B.M. Nair. 1994. Effect of processing on *in vitro* digestibility of protein and starch in quinoa seeds. *International Journal of Food Science and Technology*. 29 (4) 449- 456.

- Samocha, T.M., D. Allen Davies, I. Patrick Saoud, y K. DeBault. 2004. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 231: 197-203.
- Satoh, S.D., D.A. Higgs, B.S. Dosanjh, R.W. Hardy, J.G. Eales, G. Deacon. 1998. Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for Chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*) in seawater. *Aquaculture Nutrition*. 4: 115-122.
- Saunders, R.M., y R. Becker. 1984. Amaranthus: a potential food and feed source, p. 357-396. In: Y. Pomeranz (ed.). *Advances in cereal science and technology*. Vol. 6. American Association Cereal Chemistry, St. Paul, MN.
- Singhal, R.S., y P.R. Kulkarni. 1988. Review: amaranths-an underutilize resource. *International Journal of Food Science Technology*. 23: 125-139.
- Smith, L.L., P.G. Lee, A.L. Lawrence, y K. Strawn. 1985. Growth and digestibility by three sizes of *Litopenaeus vannamei* Boone: Effects of dietary protein level and protein source. *Aquaculture*. 46: 85-96.
- Smith, D.M., G.L. Allan, K.C. Williams, y C. Barlow. 2000. Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia. In: Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa, y R. Civera-Cerecedo. (Eds.) *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 19-22 Noviembre. Mérida, Yucatán, México.
- Stalknecht, G.F., y S. Schaeffer. 1993. Amaranth rediscovered. p. 211-218. In: Janick, J., J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York.
- Stickney, R.R. 1995. The scope of aquaculture: Current Stats and Future Problems and Opportunities. Pages 1-25 in C.E. Lim, D.J. Sessa (eds), *Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture*. AOCS Press, Champaign, Illinois.

- Stickney, R.R., y J.P. McVey. 2002. Responsible Marine Aquaculture. OCAB International. National Sea Grant Program. Maryland, USA. pp. 416.
- Storebakken, T., S. Refstie, y B. Ruyter. 2000. Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. In: Soy in Animal Nutrition (ed. by Drackley, J.K.), Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, IL, USA, pp. 127-170.
- Sudaryono, A., M.J. Hoxey, S.G. Kailis, y L.H. Evans. 1995. Investigation of protein sources in practical diets for juvenile shrimp *Penaeus monodon*. Aquaculture. 134: 313-323.
- Sudaryono, A., E. Tsvetnenko, y L.H. Evans. 1999. Evaluation of potential of lupin meal as an alternative to fish meal in juvenile *Penaeus monodon* diets. Aquaculture Nutrition. 5: 277-285.
- Sugiura, S.H., F.M. Dong, C.K. Rathbone, y R.W. Hardy. 1998. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonids. Aquaculture. 159: 177-202.
- Swick, R.A., D.M. Akiyama, M. Boonyaratpalin, y D.C. Creswell. 1995. Use of soybean meal and synthetic methionine in shrimp feed. American Soybean Association, Technical Bulletin.
- Tacon, A.G.J., y D.M. Akiyama. 1997. Feed ingredients for crustaceans. In: D'Abramo, L.R., D.E. Conklin, D.M. Akiyama (Eds), Crustacean Nutrition. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, pp.411- 472.
- Tacon, A.G.S. 1999. Trends in global aquaculture and aquafeed production: 1984-1996 highlights, In: Brufau, J., A. Tacon (Eds.). Feed manufacturing in the mediterranean region. Recent advances in research and technology, CIHEAM/IAMZ, Zaragoza Spain, Vol. 37, pp.107-122.

- Tacon, A.G.J., y I.P. Forster. 2001. Global trends and challenges to aquaculture and aquafeed development in the new millenium. International Aquafeed Directory and Buyer' s guide. Turret RaiGroup, Rickmansworth, UK, pp. 4-25.
- Teutonico, R.A., y D. Knorr. 1985. Amaranth: Composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. Food Technology. 39: 49-60.
- Tidwell, J.H., C.D. Webster, D.H. Yancey, y L.R. D'Abramo. 1993. Partial and total replacement of fishmeal with soybean meal and distillers' by- products in diets for pond culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture. 118: 119-130.
- Tillman, P.B., y P.W. Waldroup. 1986. Processing grain amaranth for use in broiler diets. Poultry science. 65: 1960-1964.
- Tucker, J.B. 1986. Amaranth: the once and future crop. Bioscience. 36: 9-13, 59-60.
- Webster, C.D., y C.E. Lim. 2002. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CAB International, New York, NY.
- Wouters, R., X. Piguave, L. Bastidas, J. Calderón, y P. Sorgeloos. 2001. Ovarian maturation and haemolymphatic vitellogenin concentration of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed increasing levels of total dietary lipids and HUFA. Aquaculture Research. 32: 573-582.
- Wheyfeed Ltd-Supplying Quality Materials to the UK Pig Industry.
<http://www.wheyfeed.co.uk/feeds/fishmeal.html>
- Wu, Y.V. 1986. Fractionation and characterization of protein-rich material from barley after alcohol distillation. Cereal chemistry. 63: 142-145.
- Yusif, O.M., G.A. Alhadhramiy, y M. Pessarakli. 1994. Evaluation of dehydrated alfalfa and salt bus (Atriplex) leaves and diet for tilapia (*Oreochromis auareus* L.). Aquaculture. 126: 345-7.

ANEXO

Determinación de Oxido de Cromo

Procedimiento:

- La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada, trabajar con blanco y recuperación.
- Pesar entre 0.1- 0.2 g de muestra sobre papel libre de Nitrógeno y colocarlo en el tubo de digestión BÜCHI.
- Añadir 5 ml de Ácido Nítrico concentrado dentro del tubo. La mezcla es calentada suavemente en el digestor BÜCHI por cerca de 30 minutos hasta que el volumen de la solución se reduzca a 1ml.
- Después que la solución se ha enfriado, añadir a ésta 3 ml de Ácido Perclórico 70%.
- La mezcla es de nuevo calentada suavemente. Después de aparecer humos blancos la solución cambia de color verde a amarillo o anaranjado, la mezcla es calentada por 10 minutos más.
- La solución de la digestión es enfriada, y transferida a un matraz volumétrico de 100 ml para ser diluida a volumen con agua destilada.
- La absorbancia de la solución es determinada por un espectofotómetro a 350 nm.

CÁLCULOS:

$$Y = 0.2089X + 0.0032$$

$$Y = \text{Absorbancia}$$

$$X = \text{mg Cr}_2\text{O}_3/100 \text{ ml}$$