



Escuela Superior Politécnica del Litoral

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del
Mar**

**“EFECTO DEL REEMPLAZO DE HARINA DE PESCADO
POR GLUTEN DE MAÍZ EN DIETAS PARA EL JUVENIL
LITOPENAEUS VANNAMEI”**

TESIS DE GRADO

**Previa obtención del Título de
Acuicultora**

Presentada por:

MARÍA VERÓNICA ARRIAGA CEDEÑO

Guayaquil-Ecuador

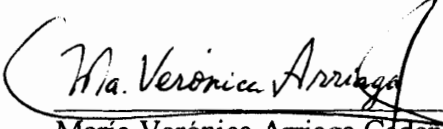
2003




Declaración Expresa

“La responsabilidad por lo hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado corresponderá a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

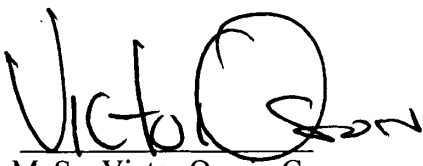

María Verónica Arriaga Cedeno

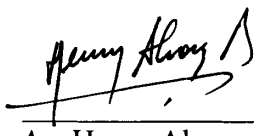
MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADUACIÓN


Ing. Eduardo Cervantes B.
Presidente




M. Sc. César Molina P.
Director de Tesis


M. Sc. Victor Osorio C.
Miembro Principal


Ac. Henry Alvarez A.
Miembro Principal



DEDICATORIA:

A mis padres: Ricardo Arriaga y Bella María Cedeño de Arriaga; quienes me apoyaron moral y económicamente hasta la culminación carrera profesional. Deseando que el esfuerzo que han realizado se vea compensado al culminar esta etapa de mi vida.

A mis hermanos: Ricardo Gustavo, Cecilia Alexandra y Ana María Arriaga C., que en una u otra forma me apoyaron en la culminación de esta tesis.

A mi sobrina: Cecilia Elizabeth; la niñita de mis ojos, quien con su llegada a este mundo fue mi inspiración y empuje.

A mis abuelitos: Ricardo Eugenio Arriaga e Hilda Colombia Quinde; quienes con su cariño me apoyaron con palabras de aliento. Felipe Santiago Cedeño, quien desde el cielo me protege y siempre le recordaré; Bella María Pazmiño quien a través de la distancia me apoyo moral y espiritualmente.

A mi bisabuela: María Esperanza Castro, que estuvo al pendiente apoyándome con oraciones.

A mi novio: César Miguel Segovia, por su estímulo, apoyo y comprensión durante el desarrollo de esta Tesis.



AGRADECIMIENTO:

A Dios por ser el soporte de mi vida, la fuerza interna y la luz redentora que iluminó mi camino a la consecución de mi carrera universitaria.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral, a la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, a todos mis profesores que desinteresadamente me transmitieron su sabiduría durante cada uno de los años de estudio.

Al Centro de Investigaciones Marinas “Edgar Arellano” (CENAIM) por facilitarme el lugar adecuado y para desarrollar y elaborar el presente trabajo.

Al MSc. César Molina, por su paciencia y dedicación, el cual supo dirigir con sus conocimientos y experiencias el desarrollo de la presente Tesis.

A mi familia que con su cariño siempre me apoyaron y me dieron empuje, alentándome con frases de superación.

A mis amigos: Vanessa, Christian, Carlos, Luciano, Mercedes, Julián, Rómulo, Iván, Grace, Mariuxi y demás personas que me acompañaron en mi estadía en CENAIM. Fabiola, quien es como mi hermana y siempre tiene un consejo para mí.



DEDICATORIA:

A mis padres: Ricardo Arriaga y Bella María Cedeño de Arriaga; quienes me apoyaron moral y económicamente hasta la culminación carrera profesional. Deseando que el esfuerzo que han realizado se vea compensado al culminar esta etapa de mi vida.

A mis hermanos: Ricardo Gustavo, Cecilia Alexandra y Ana María Arriaga C., que en una u otra forma me apoyaron en la culminación de esta tesis.

A mi sobrina: Cecilia Elizabeth; la niñita de mis ojos, quien con su llegada a este mundo fue mi inspiración y empuje.

A mis abuelitos: Ricardo Eugenio Arriaga e Hilda Colombia Quinde; quienes con su cariño me apoyaron con palabras de aliento. Felipe Santiago Cedeño, quien desde el cielo me protege y siempre le recordaré; Bella María Pazmiño quien a través de la distancia me apoyo moral y espiritualmente.

A mi bisabuela: María Esperanza Castro, que estuvo al pendiente apoyándome con oraciones.

A mi novio: César Miguel Segovia, por su estímulo, apoyo y comprensión durante el desarrollo de esta Tesis.



RESUMEN

El efecto del reemplazo parcial o total de la harina de pescado por gluten de maíz fue estudiado para el camarón juvenil *Litopenaeus vannamei*. Doce dietas experimentales con 25% y 40% de proteína fueron formuladas para tener 6 niveles de reemplazo de la harina de pescado por gluten de maíz en cada nivel de proteína. L-amino ácidos sintéticos (arginina, lisina, metionina y triptofano) fueron suplementados para proveer un perfil de amino ácidos similar al sugerido para camarón. Para el ensayo de crecimiento y supervivencia las dietas fueron suministradas a camarones de un peso inicial de $0,31 \pm 0,02$ g colocados a una densidad de $44/m^2$ en acuarios de 50 l. Niveles graduales de gluten de maíz fueron incorporados para obtener 0 (25a); 16,8 (25b); 33,6 (25c); 50,4 (25d); 67,2 (25e) y 84% (25f) de la proteína presente en las dietas de 25% y 0 (40a), 15 (40b), 30 (40c), 45 (40d), 60 (40e) y 75% (40f) del 40% de proteína contenido en el segundo grupo de dietas lo que representa un reemplazo de la harina de pescado de 0, 20, 40, 60, 80 y 100% en ambos niveles de proteína.

Bajo las condiciones aquí reportadas los resultados mostraron que independientemente del nivel de proteína presente en la dieta, el crecimiento disminuyó conforme el nivel de gluten de maíz fue aumentando. En el periodo de alimentación de 10 semanas el peso final de los camarones alimentados con las dietas conteniendo gluten de maíz (25b - 25f y 40b - 40f) fue significativamente inferior ($P < 0,05$) de aquellos alimentados con las dietas control (25a y 40a) respectivamente. Los más pobres pesos finales fueron obtenidos cuando los camarones fueron alimentados con las dietas que tenían total reemplazo de la harina de pescado por gluten de maíz. Por otra parte la supervivencia no se vio aparentemente afectada por el reemplazo en ninguna de las dietas ensayadas

al no mostrar diferencias significativas ($P>0,05$). Respuesta diferente se observó en la biomasa ganada, la cual se vio afectada por el reemplazo de la harina de pescado por el gluten de maíz en todos los tratamientos excepto en los camarones mantenidos con las dietas control (25a y 40a) que obtuvieron la mayor biomasa, donde los camarones alimentados con la dieta 40a dieron significativamente ($P<0,05$) la mayor biomasa en éste estudio. La tasa de ingestión de los camarones indicó que no existen diferencias significativas ($P>0,05$) entre las dietas (25b-25e) con 16,8 a 67,2% de la proteína proveniente de la sustitución de la harina de pescado por la del gluten de maíz, mientras que el total reemplazo mostró el mas bajo ($P<0,05$) porcentaje de ingestión. En lo que respecta a las dietas con 40% de proteína la tasa de ingestión fue disminuyendo a medida que el nivel de reemplazo por gluten de maíz aumentaba obteniéndose la menor tasa de ingestión en la dieta con total reemplazo. Estos resultados demuestran que un alto reemplazo de la harina de pescado por el gluten de maíz no resulta atractivo al camarón y esto se refleja en un menor consumo del alimento con la consiguiente menor ganancia en peso.



CONTENIDO

Introducción	1
1. Antecedentes	3
1.1. Requerimientos proteicos de los camarones peneidos	3
1.2. Fuentes de proteína	7
1.2.1. Fuentes de proteína animal	8
1.2.2. Fuentes de proteína vegetal	9
1.3. Harina de pescado	12
1.3.1. La harina de pescado en la alimentación animal	16
1.3.1.1. Proteína	16
1.3.1.2. Grasa	17
1.3.1.3. Energía	17
1.3.1.4. Minerales y vitaminas	18
1.4. Maíz y sus características	18
1.4.1. <i>Zea mays L.</i>	18
1.4.2. Usos	20
1.4.2.1. Maíz en grano	20
1.4.2.1.1. Pienso de maíz machacado	21
1.4.2.1.2. Zuros de maíz	22
1.4.2.1.3. Harina de maíz y zuro (maíz en mazorca molido)	22
1.4.2.1.4. Gluten de maíz	23
1.4.2.1.5. Harina de gluten de maíz	23



1.4.2.1.6. Harina de aceite de germen de maíz (torta o harina oleaginosa de maíz).	23
1.4.3. Producción mundial y en el Ecuador	27
1.4.4. Gluten de maíz	29
1.4.4.1. Generalidades	29
1.4.4.2. Aplicaciones	30
1.4.4.3. Composición típica	30
1.4.4.4. Utilización en la Acuicultura	31
1.5. Producción mundial de alimento balanceado	34
2. Materiales y métodos	35
2.1 Formulación y preparación de las dietas.	35
2.2. Bioensayo de crecimiento	37
2.3. Tasa de ingestión	39
2.4. Análisis estadístico	40
3. Resultados	42
3.1. Calidad de agua	42
3.2. Análisis de las dietas	43
3.3. Supervivencia	46
3.4. Crecimiento	48
3.5. Biomasa ganada	52
3.6. Tasa de ingestión	55
4. Discusión	58
4.1. Parámetros ambientales	58



4.2. Análisis proximal	59
4.3. Supervivencia	59
4.4. Crecimiento	60
4.5. Biomasa ganada	63
4.6. Tasa de ingestión	64
Conclusiones y Recomendaciones	71
Bibliografía	73



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características bromatológicas de diferentes tipos de Harina de Pescado como porcentaje de materia seca.	14
Tabla 2. Digestibilidad de la Harina de Pescado en animales terrestres expresado en porcentaje.	14
Tabla 3. Contenido de aminoácidos de algunos tipos de harina de pescado en porcentaje de proteína bruta.	15
Tabla 4. Características bromatológicas de diferentes tipos Maíz como porcentaje de materia seca.	24
Tabla 5. Digestibilidad de los productos de maíz en animales terrestres expresado en porcentaje.	24
Tabla 6. Contenido de aminoácidos de algunos tipos maíz en porcentaje de proteína bruta.	25
Tabla 7. Nivel mundial: Producción de maíz	27
Tabla 8. Ecuador: Importaciones de maíz duro 2001	27
Tabla 9. Ecuador: Exportaciones de maíz amarillo 2000	28
Tabla 10. Ecuador: Exportaciones de maíz amarillo 2001	28
Tabla 11. Ecuador: Demanda estimada de maíz duro 1993-2000 TM	29
Tabla 12. Producción de maíz duro Ciclo productivo: invierno/2001	29
Tabla 13. Componentes del Gluten de maíz.	31
Tabla 14. Ingredientes presentes en cada una de las dietas experimentales que contenían 25% de proteína.	36



Tabla 15. Composición de las dietas experimentales con 40% de proteína evaluadas en el presente estudio.	37
Tabla 16. Valores promedio de parámetros físicos de calidad de agua.	42
Tabla 17. Composición nutricional calculada de las dietas con 25% de proteína ensayadas en base a las materias primas utilizadas.	44
Tabla 18. Composición nutricional calculada de las dietas con 40% de proteína ensayadas en base a las materias primas utilizadas.	45
Tabla 19. Resultados de ANOVA para la supervivencia obtenida en camarones alimentados con las 12 dietas experimentales ensayadas.	46
Tabla 20. Resultados de ANOVA para crecimiento obtenido en camarones alimentados con las 12 dietas experimentales ensayadas.	48
Tabla 21. Resultados de ANOVA para la biomasa ganada obtenida en camarones alimentados con las 12 dietas experimentales ensayadas.	52
Tabla 22. Resultados de ANOVA para la tasa de ingestión obtenida en camarones alimentados con las 12 dietas experimentales ensayadas.	55



INDICE DE FIGURAS



- Figura 1.** Supervivencia quincenal del ensayo reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en dietas con 25% de proteína para *L. vannamei*. 47
- Figura 2.** Supervivencia quincenal del ensayo reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en dietas con 40% de proteína para *L. vannamei*. 47
- Figura 3.** Crecimiento del *L. vannamei* obtenido durante el ensayo de reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en balanceado con 25% de proteína. Letras diferentes representan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre pesos finales. 49
- Figura 4.** Crecimiento del *L. vannamei* obtenido durante el ensayo de reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en balanceado con 40% de proteína. Letras diferentes representan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre pesos finales. 49
- Figura 5.** Resultados de crecimiento de 10 semanas del ensayo de alimentación del juvenil *L. vannamei* usando diferentes niveles de sustitución de gluten de maíz en dietas con 25 y 40% de proteína. Las barras representan las medias \pm la desviación estándar y las letras señalan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre dietas. 51
- Figura 6.** Biomasa ganada luego de 10 semanas del ensayo de alimentación del juvenil *L. vannamei* usando diferentes niveles de

sustitución de gluten de maíz en dietas con 25 y 40% de proteína. Las barras representan las medias + la desviación estándar y las letras señalan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre dietas.

54

Figura 7. Resultados de la tasa de ingestión del *L. vannamei* alimentado con diferentes niveles de sustitución de gluten de maíz en dietas experimentales con 25% y 40% de proteína. Las barras representan las medias \pm la desviación estándar y las letras señalan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las dietas.

57





INTRODUCCIÓN

La producción mundial de la pesca hasta el año 2010 se encuentra proyectada entre 107 y 144 millones de toneladas de las cuales alrededor de 30 millones serán probablemente reducidas a harina de pescado. Luego del fenómeno de El Niño que afectó la producción de peces en el periodo 1997/98 los desembarcos de pesca se recuperaron, en el caso de la anchoveta peruana y la macarela chilena que habían decrecido por debajo de los 3,5 millones de toneladas en 1998 aumentó a 10,1 millones de toneladas en 1999. En el año 2000, el consumo de harina de pescado realizado por la industria acuícola fue cercano al 35% de la producción total a nivel global (11 millones TM) y se espera que crezca 3,5 veces más en los próximos 15 años. Este motivo junto al aumento de la actividad acuícola desarrollaría un incremento a 7,5 millones TM (<http://www.fao.org/docrep/003/w7499e/w7499e05.htm>) de alimento balanceado para abastecer su producción mundial, implicaría una reducción en la oferta de harina de pescado con lo cual su precio podría elevarse y convertir a la acuicultura en un negocio poco rentable (Hardy, 2001).

Es por lo tanto necesario encontrar una harina que reemplace de manera satisfactoria los requerimientos de los animales cultivados, en éste caso el camarón *Litopenaeus vannamei* y si al mismo tiempo se encuentra disponible y a bajo costo, contribuiría de manera más eficaz a reducir los gastos de producción ya que disminuiría los costos de alimentación. La harina de pescado es una de las fuentes que por su alto contenido en proteínas (60 – 75%) representa entre el 30 y 50% de la fórmula de los alimentos balanceados para acuicultura. Estas características unidas al efecto que tiene en el

crecimiento la han convertido en una de las fuentes de proteína más investigada. Así con la intención de abaratar los costos de las dietas (Akiyama, 1991) se han evaluado fuentes proteicas más baratas o se ha disminuido su nivel de inclusión.

La fuente de proteína vegetal más importante que se ha estudiado y la mas comúnmente empleada en los balanceados comerciales es la harina de soya (Akiyama, 1991) porque además de tener un buen contenido proteico, la soya es uno de los productos con las cosechas más abundantes a nivel mundial, con una producción que alcanzó 132,53 millones de toneladas métricas en 1996 (Hardy, 2001). Entre otras fuentes de proteína vegetales que han sido probadas Eusebio y Coloso (1998) evaluaron en *Penaeus indicus*, el fréjol blanco, fréjol verde, hojas de papaya y hojas de yuca combinada con harina de soya desgrasada, observando que estas fuentes a excepción del fréjol verde lograron un buen crecimiento que no fue significativamente diferente al control, pero que si afectaron la supervivencia disminuyéndola significativamente. Según Smith et al. (2001) otras fuentes proteicas ensayadas han sido las harinas de cárnicos (res, cordero, aves de corral), harina de oleaginosas como la canola, semillas de algodón y cacahuete y de cereales como el trigo y el maíz.

En base a lo citado el presente trabajo esta enfocado a probar el efecto que tiene el reemplazo parcial o total de la harina de pescado por gluten de maíz, que por su alto contenido de proteína (aprox. 60%) podría ser una alternativa para la producción de balanceado para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Para este fin, este estudio se evaluará en términos de crecimiento, supervivencia y tasa de ingestión.



1. ANTECEDENTES

1.1. REQUERIMIENTOS PROTEÍCOS DE LOS CAMARONES PENEIDOS.

El requerimiento de proteína fue definido por Guillaume (1997) como la mínima o máxima cantidad de este nutriente requerido por el animal por día. Estos requerimientos cambian con respecto a los factores bióticos a los que se someten los animales como son: especie, estado fisiológico, talla, entre otros. Las características de las dietas también influyen en los requerimientos de los camarones, siendo relevantes la calidad de la proteína y la tasa energía: proteína.

Factores abióticos como la temperatura y la salinidad también pueden afectar los requerimientos proteícos provocando un desequilibrio fisiológico, si no son manejados dentro de los rangos óptimos para la especie en estudio (Guillaume, 1997). Como resultado el óptimo nivel de proteína requerido sería mejor expresado, como la cantidad de proteína necesaria por animal o por biomasa por día, que debería ser ajustada por la digestibilidad de la dieta.

Los requerimientos para mantenimiento de la proteína pueden ser definidos como el nivel de proteína requerido para sostener las funciones del cuerpo asociadas con el metabolismo de la proteína, considerando que los otros nutrientes han sido proveídos en cantidades adecuadas (Guillaume, 1997).

Determinando el requerimiento para mantenimiento se provee de un mejor entendimiento de las necesidades metabólicas básicas del organismo. Con este conocimiento se puede racionar el alimento para suplir las mínimas necesidades metabólicas lo cual podría ayudar a tener un camarón a bajo costo una vez que estos alcancen una talla comercializable o bajo condiciones adversas de cultivo. Se puede considerar que cuando se alcanzan las tasas máximas de crecimiento, el requerimiento proteico para esta función ha sido cubierto.

Aunque a la fecha pocos estudios han sido realizados para determinar los requerimientos cuantitativos de proteína para mantenimiento y/o máximo peso ganado para el camarón penéido, muchos estudios han evaluado el efecto de la variación de los niveles dietéticos de la proteína en crecimiento y conversión alimenticia. Colvin y Brand (1977) alimentaron postlarvas y juveniles de *L. vannamei* con dietas semi purificadas conteniendo 25, 30, 35, y 40% de proteína cruda por un periodo aproximado de 4 semanas. Los autores determinaron que la conversión alimenticia fue significativamente mejor en los camarones alimentados con la dieta con 25% de proteína cruda, estableciendo un requerimiento proteico para postlarvas entre el 30 al 35%, indicando además para juveniles un requerimiento de proteína menor al 30 %.

El nivel óptimo de proteína dietética para juveniles *L. vannamei* fue también ensayado por Aranyakananda y Lawrence (1993). En este estudio los camarones que fueron alimentados con dietas conteniendo 25, 35 y 45% de proteína cruda no mostraron ninguna diferencia en peso ganado. Otro ensayo realizado determinó que cuando los camarones fueron alimentados con dietas conteniendo 10, 15, 20 y 25% de proteína

cruda, el peso ganado de los camarones alimentados fue significativamente menor con la dieta de 10% de proteína. Por otra parte en camarones alimentados con las dietas con 15% de proteína con niveles lipídicos de 4 y 8 % el peso ganado no fue diferente de las dietas con altos niveles de proteína. Los autores en base a la óptima tasa energía: proteína (28,57 kcal/g proteína) observada, determinaron el nivel máximo de proteína en 15%.

Varios estudios han reportado que los niveles óptimos de proteína se encuentran en un rango de 15% hasta más del 36%. Dado que en la mayoría de los estudios se ha realizado la alimentación *ad libitum* la cantidad de proteína ingerida y los requerimientos de proteína para mantenimiento y máxima ganancia de peso no han sido determinados (Kureshy y Davis, 2002). La cuantificación de éste requerimiento y los parámetros asociados al crecimiento con los niveles de alimentación proveerían la información necesaria para mejorar la producción de *L. vannamei*.

Kureshy y Davis (2002) evaluaron los requerimientos de proteína para mantenimiento y para el máximo crecimiento de los juveniles y subadultos *L. vannamei*, en dietas con 16, 32 y 48% de proteína. Con una base isonitrógena la dieta de 16% de proteína produjo una ganancia de peso, eficiencia alimenticia y conversión proteica significativamente más baja que la de 32% de proteína tanto para juveniles como subadultos, determinando un rango de 1,8 – 3.8 g y de 1,5 – 2,1 g de proteína de la dieta/ kg de peso corporal por día para juveniles y adultos respectivamente. La dieta de 48% de proteína mostró una ganancia de peso baja en lo que se refiere a los camarones juveniles pero no tuvo ningún efecto significativo en los subadultos.



Los requerimientos de proteína para el máximo crecimiento de los juveniles se encontraron en 46,4 g de proteína de la dieta/ kg de peso corporal por día cuando el alimento contenía 32% de proteína y 43,4 g de proteína de la dieta/ kg de peso corporal por día cuando el alimento tenía 48% de proteína. Los autores concluyeron que la eficiencia alimenticia se incrementa conforme lo hace la concentración de la proteína de la dieta y decrece cuando las tasas de alimentación (oferta de alimento/día) aumentan. La ganancia de peso refleja diariamente la proteína ingerida. Estos resultados demuestran que un alto nivel de proteína en la dieta puede ser usado para producir una máxima ganancia de peso en camarones juveniles y subadultos. Por otra parte dietas con bajos niveles de proteína no darían soporte a una máxima ganancia de peso cuando existe una restricción en la cantidad de alimento ingerido y por consecuencia de proteína ingerida.

El requerimiento de proteína cruda en camarones peneidos es una consideración muy importante, porque este nutriente es limitante para el crecimiento y es uno de los mayores rubros en la elaboración de alimentos. Por otra parte un excesivo contenido de proteína puede ocasionar efectos nocivos en la calidad de agua por la liberación de metabolitos de nitrógeno en el medio de cultivo (Cho *et al.*, 1994), además el organismo puede utilizar el exceso para producción de energía mas no para crecimiento. Pedrazzoli *et al.* (1998) reportaron valores de requerimientos cuantitativos de proteína para *L. vannamei* en un rango del 25 al 40%.





1.2. FUENTES DE PROTEÍNA.

La cantidad y calidad de la proteína de la dieta es el factor principal que influye en: el crecimiento del camarón, en el nivel de nitrógeno en el sistema de cultivo y en los costos del alimento, por esta razón se han evaluado fuentes proteicas mas baratas o disminuido el nivel de inclusión de proteína mediante un mejor balance de aminoácidos disponibles con el propósito de abaratar el costo de las dietas (Akiyama *et al.*, 1991). Para esto muchos estudios han sido conducidos para evaluar los requerimientos de proteína (Guillaume, 1997) y la aceptabilidad de varios ingredientes como fuente de proteína (Tacon y Akiyama, 1997). Los insumos que tienen al menos 20% de proteína cruda son considerados suplementos proteínicos e incluyen harina de pescado, subproductos marinos, harina de carne y hueso, subproductos de aves, harina de semilla de algodón, harina de maní, harina de soya, entre otras (Davis y Arnold, 2000).

En manufactura de alimentos comerciales para cultivo de camarón, las principales fuentes de proteína incluidas en la fórmula son las de origen marino (Harina de pescado, camarón y calamar) incorporadas en aproximadamente el 25% del peso del alimento (Tacon y Barg, 1998) por constituir una excelente fuente de aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, vitaminas, minerales y generalmente alta palatabilidad.

Subproductos marinos como concha de scallop, exoesqueleto de cangrejo, vísceras de calamar y harina de cabeza de camarón han sido estudiadas como fuente alternativa de proteína marina (Carver *et al.* , 1989; Sudaryono *et al.*, 1995) para reemplazar de esta

forma la harina de pescado y los subproductos marinos que son limitados y de creciente demanda. Este es uno de los principales motivos por los que la viabilidad económica de la acuicultura comercial se encuentra avocada a encontrar fuentes proteicas cuyos resultados sean satisfactorios tanto económica como biológicamente.

Con esta finalidad se han utilizado como alternativas plantas terrestres, así como fuentes animales de acuerdo a la disponibilidad local y su presencia en el mercado mundial.

1.2.1. Fuentes de proteína animal



Estas fuentes son las más utilizadas para producir alimentos balanceados, mayormente se utiliza la harina de pescado, ya sea pescado blanco u oscuro (Hardy, 1989), o harina de subproductos de la pesca (Hughes, 1990). Estas harinas son de mayor consumo por su composición nutricional, ideal para alcanzar rendimientos óptimos de crecimiento por su alta digestibilidad (Sudaryono *et al.*, 1996; Ristic *et al.*, 1999). El calamar también representa un papel importante en el desarrollo de dietas para camarón, ya que se presume que tiene un pequeño péptido que mejora la tasa de crecimiento, aumentando la eficiencia digestiva del camarón. Factores que pueden resultar limitantes en el uso de esta fuente son el tipo y la cantidad de lípidos que contiene como son colesterol, fosfolípidos y ácidos grasos altamente insaturados (20:5n3 y 22:6n3), su precio y disponibilidad (Akiyama *et al.*, 1991). Algunos de los productos de calamar utilizados en la preparación de balanceados son harina de hígado de calamar, harina de vísceras de calamar, harina de manto de calamar y solubles de calamar, por lo general el calamar deberá contener mínimo 40% de proteína y 5% de lípidos. Otra fuente utilizada

para la producción de alimento para la acuicultura es la harina de camarón, la cual puede ser elaborada con los desechos secos del camarón, cabeza, exoesqueleto o camarón entero, esta harina además de ser una muy buena fuente de minerales, quitina, colesterol, fosfolípidos y ácidos grasos insaturados también sirve como atractante, este producto no debe tener menos de 32% de proteína , 4% de lípidos y máximo 14% de fibra; su uso comercial se encuentra limitado por su gran contenido de fibra (Akiyama, *et al.*, 1991). La harina de krill es otro recurso que puede ser utilizado para la producción de balanceado por su contenido proteico mayor al 50%, un buen perfil de aminoácidos esenciales, aunque estas características pueden variar dependiendo de su origen y método de procesamiento.

Otras fuentes proteicas animales también utilizadas, son los subproductos de la avicultura, los subproductos o restos de carne y huesos (Degani *et al.*, 1997), los cuales pueden contener entre el 45 y 65% de proteína cruda y son frecuentemente buenas fuentes de aminoácidos esenciales. La calidad de estas harinas depende de la calidad de la materia prima utilizada y del tipo de procesamiento. Estas harinas de subproductos animales pueden ser muy altas en lípidos, cenizas y fibras indigestibles (plumas, tendones, etc.) resultando en la reducción de la digestibilidad de estas fuentes (Robinson y Li, 1996)



1.2.2. Fuentes de proteína vegetal

Entre las fuentes de proteína vegetal utilizadas para reemplazo parcial o total de la harina de pescado podemos citar la harina de soya (Lim y Dominy, 1990; Piedad-

Pascual *et al.*, 1990; Tidwell *et al.*, 1993; Sudaryono *et al.*, 1995; Degani *et al.*, 1997) esta ha sido la fuente vegetal mas estudiada por tener un perfil de aminoácidos compatible con los requerimientos nutricionales de los peces aunque presenta deficiencia de metionina (Hardy, 1989). Algunos de los productos utilizados de la soya son la pasta de soya, harina de soya integral y concentrado de proteína de soya (Berge *et al.*, 1999). También se han utilizado harina de semilla de algodón (Lim, 1996), harina de lupin (Sudaryono *et al.*, 1999) y camote (Penaflorida, 1995).

Eusebio (1991) y Eusebio y Coloso (1998) probaron harinas de fuentes vegetales como fréjol blanco, fréjol verde, hojas de papaya y hojas de yuca acompañadas de harina de soya desgrasada como complemento en dietas para *F. indicus*. Estos autores obtuvieron resultados aproximadamente menores con las dietas de prueba en relación a los camarones alimentados con la dieta control en cuanto a crecimiento, pero con supervivencias menores con las harinas de fréjol blanco, hojas de yuca y de papaya.

Con el transcurso del tiempo se han realizado estudios con ingredientes ricos en proteína que por su bajo costo y consistente calidad proporcionan frecuentemente un insumo económico. Por otra parte, estas mismas materias primas presentan nutricionalmente algunos problemas como la deficiencia de aminoácidos esenciales entre los que se pueden anotar la lisina y la metionina, además de la presencia de factores anti nutricionales y su pobre palatabilidad lo que hace que su uso sea limitado como reemplazo parcial o total de la harina de pescado. Smith *et al.*, (1999) evaluaron para *Penaeus monodon* siete fuentes de proteína vegetales: lupin entero y pelado, soya, canola, guisantes silvestres, semillas de algodón y gluten de trigo. Los resultados

mostraron que la harina de carne y lupin pelado podían ser usados para reemplazo parcial de la harina de pescado hasta un 30%, sin producir bajas en la supervivencia y sin alterar la calidad de la dieta.

Watanabe *et al.* (2001) realizaron una evaluación de una dieta sin harina de pescado para juveniles cola amarilla (*Seriola quinqueradiata*) la cual contenía proteína concentrado de soya, harina de soya desgrasada, gluten de maíz, harina de carne y harina de krill en forma de pellet suave o pellet extruído. Los peces alimentados con la dieta control mostraron altas tasas de crecimiento y alimentación, a diferencia de las que carecían de harina de pescado como fuente proteica, aunque las tres dietas si fueron consumidas por los peces, se sugiere que el valor nutritivo de estas dietas preparadas en diferente forma (pellet suave o pellet extruído) es inferior al control que poseía harina de pescado en su composición.

El experimento de alimentación del estudio mencionado muestra que el alimento pelletizado es superior al extruído en cuanto a calidad nutricional, lo que puede ser atribuido a las condiciones de extrusión mantenidas durante la producción del pellet. Otra observación que muestran los resultados claramente es que la suplementación de aminoácidos esenciales para las dietas que no contenían harina de pescado mejoró el crecimiento y la conducta de alimentación para el pez cola amarilla sin tomar en cuenta el tipo de dieta, esto debe ser resultado de la mejor utilización de la proteína del alimento por la compensación de los aminoácidos esenciales deficientes en la dieta.





1.3. HARINA DE PESCADO

En otros tiempos, la harina de pescado era un subproducto de la producción de aceite de pescado y una forma de aprovechar los excedentes y el pescado pequeño, que no podían venderse para el consumo humano. A medida que empezó a reconocerse el valor de la harina de pescado, se fueron creando industrias pesqueras cuyo objetivo principal era la producción de harina de pescado. La producción industrial de harina de pescado exige una mano de obra sumamente especializada e instalaciones costosas. Existen dos formas principales de fabricar harina de pescado: la desecación directa (harina de pescado blanca), o la cocción antes de la desecación (harina de pescado oscura). El contenido de aceite de la materia prima determina cual de estos dos métodos ha de utilizarse. A continuación se explican ambos procedimientos.

La harina de pescado blanca se produce a partir del entero, en parte eviscerado, y de los residuos después de cortados los filetes. La proporción de grasa que contiene la harina suele ser entre 3 y 6%. La harina de pescado oscura se obtiene principalmente a partir del pescado entero. El aceite se separa por cocción y prensado, lo que deja una torta prensada que puede luego desecarse. Es el tipo más corriente de harina de pescado.

La harina de pescado también puede producirse en pequeña escala, en condiciones rurales, de la siguiente manera: el pescado o desperdicios de pescado, se muelen o pican, se hierven durante poco tiempo y, seguidamente, se estrujan en un lienzo para que suelten el agua y el aceite. Los residuos se desecan luego al sol o en una estufa. Si se desecan en estufa, primero se secan durante 2 horas a unos 45°C y luego se terminan

a 65°C. Después, si es necesario, pueden molerse. La calidad de conservación de esta harina es buena.

Para la manufactura de harina de pescado en escala intermedia (con una producción de 100-200 kg diarios), se puede construir una pequeña instalación. El pescado se muele en una trituradora y se conduce por medio de un transportador a un depósito de deshidratación con doble fondo; el superior, en el cual cae el pescado molido, está perforado y, a través de las aperturas, penetra aire caliente desde un ventilador. Para lograr la máxima desecación, el pescado fresco se mezcla, antes de molerlo, con igual volumen de harina de pescado desecada. La temperatura del aire caliente debe ser de 80-90°C. Si, de vez en cuando, se agita durante la desecación, 500 kg de pescado se secarán en unas 6 horas, con un consumo de aceite pesado de unos 50 litros.

Las harinas de pescado deben almacenarse en seco y no hay que apilar los sacos. En los locales de almacenamiento, la harina recién manufacturada debe estar ventilada para facilitar la oxidación inicial del aceite residual. Si se toma esta precaución, no hay necesidad de añadir a la harina de pescado antioxidante alguno.



Tabla 1. Características bromatológicas de diferentes tipos de Harina de Pescado como porcentaje de materia seca.

	MS ^a	PB ^b	FB ^c	Cen. ^d	EE ^e	ELN ^f	Ca ^g	P ^h
Harina de atún	90.0	68.9	1.1	22.2	7.8	0.0	4.44	2.78
Harina de corégono	91.0	72.5	1.1	22.0	4.4	0.0	7.89	3.89
Torta prensada de sardina	88.0	72.7	1.1	18.2	8.0	0.0	4.89	3.41
Harina entera de arenque	90.0	78.9	1.1	11.1	8.9	0.0	3.00	2.20
Harina de pescado, Chile	92.3	72.6	1.1	15.7	2.7	7.9	3.66	2.41
Harina de pescado, Perú	91.8	70.5	1.1	16.8	5.2	6.4	4.30	2.83
Harina de pescado de tilapia	93.7	66.5	0.0	29.8	3.7	0.0		
Harina de vísceras de pescado sólo	90.0	76.7		9.1	5.0			

^a Materia seca; ^b Proteína bruta; ^c Fibra bruta; ^d Ceniza; ^e Extracto etéreo; ^f Extracto libre de nitrógeno; ^g Calcio; ^h Fósforo

Fuente: URL:

<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/tfeed8/data/19.htm>

Tabla 2. Digestibilidad de la Harina de Pescado en animales terrestres expresado en porcentaje.

	Animal	PB ⁱ	FB ^j	EE ^k	ELN ^l
Harina de atún	Bovinos	76,0	0,0	97,0	0,0
Harina de corégono	Ovinos	93,0	0,0	90,0	0,0

ⁱ Proteína bruta; ^j Fibra bruta; ^k Extracto etéreo; ^l Extracto libre de nitrógeno

Fuente: URL:

<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/tfeed8/data/19.htm>



Tabla 3. Contenido de aminoácidos de algunos tipos de harina de pescado en porcentaje de proteína bruta

	Arg ^m	Cis ⁿ	Gli ^o	His ^p	Ils ^q	Leu ^r	Lis ^s	Met ^t	Fe ^u	Tre ^v	Tri ^w	Tir ^x	Val ^y
Harina de torta prensada de sardina	5.8	1.2	7.5	3.0	4.2	7.0	7.6	2.5	3.6	4.1	1.0	3.0	5.3
Harina de arenque entera	7.8	1.2	6.8	2.3	5.1	7.0	8.2	2.3	3.5	4.0	0.8	2.8	6.6
Harina de pescado, Chile	5.9	0.9	5.6	2.6	4.8	7.6	8.0	3.1	4.3	4.3	1.2	3.4	5.5
Harina de pescado, Perú	5.7	0.9	6.1	2.3	4.6	7.5	7.5	3.0	4.2	4.1	1.1	3.6	5.2
Harina de sábalo	5.4	0.7	6.3	2.4	4.1	7.0	7.5	3.1	3.7	4.1	1.0	3.6	5.2

^m Arginina; ⁿ Cisteína; ^o Glicina; ^p Histidina; ^q Isoleucina; ^r Leucina; ^s Lisina;

^t Metionina; ^u Fenilalanina; ^v Treonina; ^w Triptofano; ^x Tirosina; ^y Valina

Fuente: URL:

<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/tfeed8/data/19.htm>

La producción de harina de pescado de 1999 se estima en 6,6 millones de toneladas, cifra próxima al promedio anual de 6,5 millones de toneladas registrado en 1976-1997.

Dicho nivel es superior en un 29 por ciento al de 4,8 millones de toneladas alcanzado en 1998, que fue uno de los peores años de producción. El crecimiento de la producción se debió a la recuperación de la pesca en América del Sur después del fenómeno de El Niño. La producción de harina de pescado del Perú en 1999 duplicó con creces la cifra de 815 000 toneladas alcanzada en 1998, lo que representa un regreso a niveles normales. Los ingresos de las exportaciones de harina de pescado aumentaron un 35 por ciento en 1999 con respecto a 1998, totalizando 534 millones de dólares. En cambio, en Chile la situación no volvió completamente a la normalidad, ya que la producción total de harina de pescado fue de 980 000 toneladas en 1999, volumen superior al de 640 000 toneladas de 1998, pero todavía inferior al de 1,2 millones toneladas registrado en 1997.

Las exportaciones de harina de pescado de Chile ascendieron a casi 600 000 toneladas en 1999, unas 100 000 toneladas más que en 1998.

El aumento de la producción provocó una fuerte reducción de los precios durante 1999, que mejoraron luego hacia fines del año, pues la competencia con la harina de soya es todavía favorable a la harina de pescado. La actual relación de precios de 2:1 es una de las más bajas de los últimos años.

Las exportaciones de harina de pescado de los cinco principales países exportadores se duplicaron en 1999, ascendiendo a 2,85 millones de toneladas. China fue el principal importador, seguido del Japón, Taiwan Provincia de China y Alemania.

Fuente: URL: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X8002S/x8002s04.htm>



1.3.1. La harina de pescado en la alimentación animal

La harina de pescado, natural y sostenible, proporciona una fuente concentrada de proteína de alta calidad y una grasa rica en ácidos grasos omega-3, DHA y EPA.

1.3.1.1. Proteína

Este nutriente en la harina de pescado tiene una alta proporción de aminoácidos esenciales en una forma altamente digerible, particularmente metionina, cisteína, lisina, treonina y triptófano. Presentes en la forma natural de péptidos, éstos pueden ser usados con alta eficiencia para mejorar el equilibrio en conjunto de los aminoácidos esenciales dietéticos.

1.3.1.2. Grasa

La grasa generalmente mejora el equilibrio de los ácidos grasos en el alimento restaurando la relación de las formas de omega 6: omega 3 en 5:1, que es considerada óptima. La grasa en muchas dietas actualmente contiene una relación mucho más alta. Con la proporción óptima y con ácidos grasos omega 3 suministrados como DHA y EPA, la salud del animal en general es mejorada, especialmente donde existe menos dependencia de medicación rutinaria.

Una fuente dietética de DHA y EPA tiene como resultado su acumulación en productos animales. Esto a su vez ayudará a equilibrar la relación omega 6: omega 3 en las dietas de humanos y proporcionará DHA y EPA preformados necesarios para el desarrollo del niño y para la prevención de numerosos desórdenes del sistema circulatorio, del sistema inmunológico y para reducir las condiciones inflamatorias.

1.3.1.3. Energía

La harina de pescado es una fuente de energía concentrada. Con un 70% a 80% del producto en forma de proteína y grasa digerible, su contenido de energía es mayor que muchas otras proteínas



1.3.1.4. Minerales y vitaminas

La harina de pescado tiene un contenido relativamente alto de minerales como el fósforo, en forma disponible para el animal. También contiene una amplia gama de elementos vestigiales. Las vitaminas también están presentes en niveles relativamente altos, como el complejo de vitamina B incluyendo la colina, la vitamina B12 así como A y D (<http://www.fis.com/snp/harina.htm>).



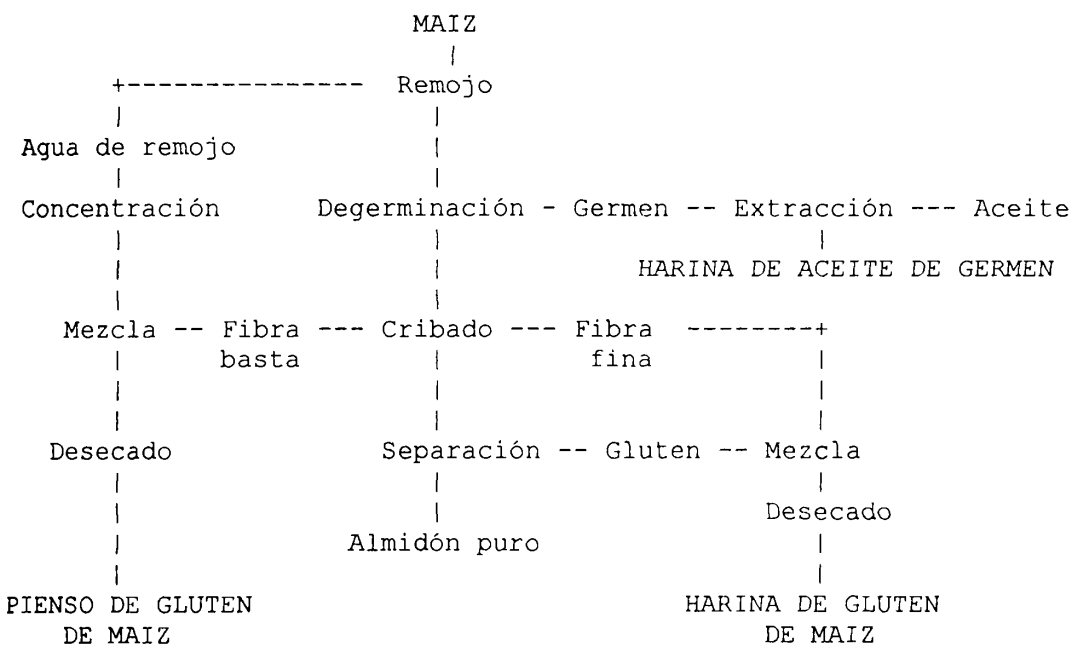
1.4. MAÍZ Y SUS CARACTERÍSTICAS

1.4.1. *Zea mays L.*

Maíz (" Maize ", " Indian corn " o " corn ")

Es una gramínea de crecimiento rápido, hasta 2,5 m de altura, con hojas largas y anchas en forma de tira, indígena de América del Sur, actualmente se cultiva mucho en todo el mundo. Puede cultivarse en todos los climas donde los veranos sean lo bastante largos y cálidos para permitir que el grano madure. El maíz no puede resistir la helada. Existen muchas variedades de maíz. El maíz córneo, o redondo, y el maíz dentado, o de diente de caballo, son los dos tipos que se usan más corrientemente para la alimentación del ganado. Entre las variedades más recientes figuran el maíz híbrido y el maíz rico en lisina (Opaco-2) (<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>). Todos los tipos de maíz en grano tienen que molerse antes de suministrarse al ganado; incluso para las aves de corral, es necesario triturar los granos. La harina de maíz no puede conservarse durante mucho tiempo, ya que puede enranciarse, mientras que los granos desecados tienen una buena calidad de conservación. Una forma barata de almacenar el

maíz es ensilar los granos frescos en un silo de trinchera; el contenido de humedad del grano debe ser de un 30% y debe molerse antes de ensilarse. Cuando el maíz se muele en seco para producir harina, se separan primero el salvado y el germen (<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>). La molienda en húmedo es un procedimiento de fabricar almidón o derivados del almidón tales como el jarabe de maíz, y se obtienen varios subproductos. La molienda en húmedo suele realizarse siguiendo el siguiente diagrama:



Otra alternativa es evaporar el agua de remojo y utilizarla como pienso con la designación de "solubles de maíz".



1.4.2. Usos

1.4.2.1 Maíz en grano

El maíz es apetecible y adecuado para toda clase de ganado. Es rico en calorías y pobre en fibra y minerales. El nivel de proteína es bajo en el maíz y el valor biológico de la proteína escaso. Para aprovechar plenamente el elevado valor productivo del maíz, estas deficiencias tienen que contrarrestarse mediante un apropiado suplemento. Su inclusión en las raciones debe limitarse, exclusivamente, en los piensos para los cerdos, porque la grasa del maíz es sumamente insaturada y puede producir un tocino blando cuando se incluye el maíz a niveles elevados. El pigmento colorante en el maíz amarillo, criptozantina, puede también influir en el color del tocino del cerdo; este pigmento tiene valor en las raciones para las aves de corral, ya que da a la carne y a las yemas de huevo el color deseado. Este pigmento se transforma, en parte, en vitamina A en el animal (<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>).

A mediados de los años sesenta se creó un maíz con un contenido proteico de valor biológico superior. El maíz contiene varios tipos diferentes de proteínas con valores biológicos diversos. En el maíz corriente, la mitad aproximadamente de la proteína se halla en forma de zeína, que es una proteína casi exenta de lisina. En las nuevas estirpes ricas en lisina, llamadas Opaco-2, la relación entre las fracciones de proteína es diferente, de forma que la zeína representa menos del 30% de la proteína. El resultado neto de esta diferente relación es un mayor contenido de lisina y de triptófano. El maíz de este tipo puede, por consiguiente, satisfacer una mayor parte de las necesidades proteicas en las raciones para los cerdos y las aves de corral que el maíz ordinario. Se puede utilizar el maíz Opaco-2 como única fuente de proteína para los cerdos, excepto

en el primer desarrollo, durante el cual debe añadirse harina de aceite de soya para que el nivel de proteína sea de un 12%, aproximadamente. Aunque el índice de transformación del pienso es algo inferior, el porcentaje de crecimiento es igual al que se consigue con la fórmula corriente de 16% de proteína de maíz-soya (<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>).

Otra variedad de maíz con un mayor contenido de lisina es el Flourey-2, que es similar al Opaco-2, tanto por su composición química como por sus granos blandos.

Existen varios tratamientos para aumentar la digestibilidad y atractabilidad del maíz: tostado, enrollado en seco, copos, etc. El de los copos es el método más corriente. Los granos se cuecen al vapor y, seguidamente, se pasan entre rodillos mientras están todavía calientes y blandos. El maíz en copos pasa por el tubo digestivo aproximadamente un 25% más rápido y su digestibilidad es alrededor de un 5% superior, y es también más apetecible que el maíz cuarteado. El maíz en copos no debe conservarse mucho tiempo antes de suministrarlo al ganado.

1.4.2.1.1. Pienso de maíz machacado

Es un subproducto de la molienda en seco, que consiste en la cubierta de salvado y en el germen del maíz, y es apetecible para toda clase de animales de granja. En cuanto al valor alimenticio, es parecido al maíz en grano, pero contiene más grasa, porque incluye el germen (<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>). El nivel óptimo en las raciones para los cerdos es, aproximadamente, del 20-25%. En las raciones para los bovinos y aves de corral, prácticamente tiene el mismo valor que el

maíz en grano. El pienso de maíz machacado se suele llamar equivocadamente salvado de maíz, nombre que debe reservarse para los tegumentos de salvado sin germen.

1.4.2.1.2. Zuros de maíz

Es un forraje basto, de mala calidad, comparable a un mal heno. No es apetecible y, a menos que se deseque, se vuelve mohoso al cabo de pocos días en un clima cálido. Preferiblemente, no debe constituir más de la mitad de la porción de forraje, excepto para los bovinos de engorde.

1.4.2.1.3. Harina de maíz y zuro (maíz en mazorca molido)

Es la mazorca entera del maíz incluyendo los zuros, que forman, aproximadamente, el 20% del peso. Cuando la mazorca de maíz entera y las cáscaras, se muelen, el producto se llama harina de maíz y zuro, que es valiosa para los rumiantes ya desarrollados, y no existe prácticamente diferencia entre el rendimiento de los animales de engorde que reciben harina de maíz y zuro y el de los animales que se alimentan con maíz desgranado. Para los caballos, el maíz en mazorca suele preferirse al maíz desgranado, ya que es más difícil que se forme una masa pastosa en el estómago. Su elevado contenido de fibra limita el empleo de la harina de maíz en mazorca en las raciones para las aves de corral. Los cerdos pueden tolerar en la ración el 25-50% según la edad. La harina debe secarse bien, ya que, de lo contrario, puede enmohecerse en un clima cálido (<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>).



1.4.2.1.4. Gluten de maíz

Es el subproducto de la molienda en húmedo del maíz y es apropiado para todos los animales de granja. Se emplea mucho para las vacas lecheras, pero no debe suministrarse solo, ya que no es muy apetecible. La composición desequilibrada de aminoácidos limita su empleo en las raciones de las aves de corral y cerdos. El pienso de gluten de maíz contiene pigmentos colorantes de los granos y, por consiguiente, es valioso en las raciones para las aves de corral. Los niveles máximos de gluten de maíz que se recomiendan son: 10% para los pollos en crecimiento y 16% para las ponedoras; 10% para los cerdos en crecimiento y 16% para los cerdos de engorde (<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>).



1.4.2.1.5. Harina de gluten de maíz

La composición de aminoácidos de este subproducto es desequilibrada, pero, para los cerdos y aves de corral, la harina de gluten de maíz da buenos resultados cuando se mezcla con harina de soya o harina de carne. No es muy apetecible y se emplea principalmente para los bovinos.

1.4.2.1.6. Harina de aceite de germen de maíz (torta o harina oleaginosa de maíz)

Este producto es un pienso valioso para toda clase de animales de granja, excepto los cerdos (<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>). La harina con un elevado contenido de grasa puede fácilmente producir ablandamiento del tocino dorsal cuando se suministra en grandes cantidades. No debe utilizarse como fuente exclusiva

de proteína para las aves de corral. Las cantidades máximas que se recomiendan son 2 kg al día para los bovinos, y 0,5 kg al día para los cerdos.

Tabla 4. Características bromatológicas de diferentes tipos Maíz como porcentaje de materia seca.

	MS ^a	PB ^b	FB ^c	Cen. ^d	EE ^e	ELN ^f	Ca ^g	P ^h
Maíz, en grano, Israel	87.0	11.0	4.6	2.0	5.5	76.8	0.01	0.32
Maíz híbrido, en grano, Zimbabwe	90.8	10.2	1.7	1.5	5.2	81.4		
Maíz blanco, en grano, Tanzania	89.0	10.6	1.9	1.3	4.8	81.4	0.02	0.36
Maíz amarillo, en grano, Tanzania	87.8	12.1	1.4	1.4	5.5	79.6	0.02	0.33
Maíz blanco, en grano, Ghana	87.0	9.1	1.7	1.3	4.2	83.7	0.01	0.30
Maíz amarillo, en grano, Ghana	89.2	12.5	2.7	1.6	5.6	77.6	0.02	0.37
Harina de maíz y zuro, Sudáfrica		9.4	7.8	1.6	2.5	78.7	0.04	0.23
Zuros, India		2.1	36.5	2.8	0.8	57.8	0.05	0.06
Pienso de maíz machacado, Israel	88.0	10.9	10.2	3.4	4.8	70.7	0.03	0.27
Gluten de maíz, Israel	87.6	26.6	13.2	8.4	2.3	49.5	0.20	0.21
Harina de gluten de maíz, EE.UU.	91.4	48.0	4.6	2.3	2.0	43.1	0.16	0.43
Torta oleaginosa de maíz, India	95.5	19.2	8.6	1.6	9.2	61.4		

^a Materia seca; ^b Proteína bruta; ^c Fibra bruta; ^d Ceniza; ^e Extracto etéreo; ^f Extracto libre de nitrógeno; ^g Calcio; ^h Fósforo

Fuente: URL: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afri/es/data/549.htm>



ESPOL

Tabla 5. Digestibilidad de los productos de maíz en animales terrestres expresada en porcentaje.

	Animal	PB ^j	FB ^j	EE ^k	ELN ^l
Grano	Ovinos	76,0	57,0	91,0	94,0
Harina de maíz y zuros	Ovinos	74,0	69,1	78,4	90,3
Zuros	Bovinos	55,0	76,0	53,0	79,0
Maíz machacado	Ovinos	66,0	34,0	81,0	81,0
Pienso de gluten	Ovinos	80,0	55,0	73,0	73,0
Granos	Cerdos	69,9	40,7	55,7	92,9

^j Proteína bruta; ^k Fibra bruta; ^l Extracto etéreo; ^l Extracto libre de nitrógeno

Fuente: URL: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afri/es/data/549.htm>

Tabla 6. Contenido de aminoácidos de algunos tipos maíz en porcentaje de proteína bruta

	Arg ^m	Cis ⁿ	Gli ^o	His ^p	Ils ^q	Leu ^r	Lis ^s	Met ^t	Fe ^u	Tre ^v	Tri ^w	Tir ^x	Val ^y
Maíz blanco, semillas	4.6	1.2	3.6	3.3	3.1	12.7	3.0	1.1	5.1	3.8	0.6	3.7	4.4
Maíz amarillo, semillas	4.6	1.4	3.4	2.9	3.1	13.1	2.4	0.6	4.9	3.6	0.6	3.7	4.2
Maíz, Opaque-2, blanco, semillas	5.1	1.7	3.5	3.1	4.4	10.7	4.2	1.9	5.3	3.1	1.0	4.0	6.7
Maíz, Opaque-2, amarillo, semillas	3.9	2.0	3.6	3.7	4.1	11.3	3.5	1.8	4.8	3.2	1.0	4.4	5.4
Maíz, Flourey-2, semillas	4.3	1.8	3.0	2.5	4.0	13.0	3.3	1.6	6.1	3.2	-	5.0	5.6
Maíz amarillo, granos machacados	5.3	-	-	2.3	4.4	8.3	4.1	0.9	3.6	3.7	1.0	4.0	4.1
Maíz, pienso de gluten	3.5	1.2	3.7	2.6	3.1	12.5	2.3	2.2	4.9	3.7	0.9	4.1	5.0
Maíz, harina de gluten	3.3	-	-	2.2	4.4	16.5	2.1	2.7	6.1	3.6	0.5	-	5.2
Maíz, torta oleaginosa de germen	4.7	2.4	3.8	3.2	4.0	13.0	2.9	3.1	5.4	3.5	0.8	4.5	6.0

^m Arginina; ⁿ Cisteína; ^o Glicina; ^p Histidina; ^q Isoleucina; ^r Leucina; ^s Lisina; ^t Metionina; ^u Fenilalanina; ^v Treonina; ^w Triptofano; ^x Tirosina; ^y Valina



Fuente: URL: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/es/data/549.htm>

El maíz es el cereal tropical más importante, solo superado por el trigo en el comercio internacional. Ya era conocido en América antes que los españoles descubrieran el Nuevo Mundo, pero quizás es originario del sur de Asia. Los actuales progresos de la Agricultura están extendiendo las áreas de cultivo del maíz por la zona templada produciéndose especies más resistentes.

El maíz (*Zea mays*), es el cereal básico de las zonas subtropicales del mundo, puede producirse mas de 5 TM/ha. Las técnicas modernas de recolección y ensilaje y el hecho

de que esta relativamente libre de la mayor parte de las enfermedades de los cereales (excepto el tizón y la podredumbre del fusarium) lo han convertido en el cultivo preferido por los agricultores de los países en desarrollo. Las técnicas de hibridación han proporcionado nuevas variedades que aumentan el rendimiento potencial y la resistencia del maíz a las enfermedades.

La producción mundial casi se ha triplicado en los últimos 50 años, alcanzando los 350 millones de toneladas cada año. Los Estados Unidos es el principal país exportador, aunque en la actualidad producen una proporción menor del total de la cosecha mundial que a principios de siglo. En Brasil, Argentina y República Sudafricana se exportan pequeñas cantidades, destinadas sobre todo para piensos de animales que se consumen en el norte o noroeste de Europa. La producción en China también es elevada.

El llamado “Corn Belt” (cinturón de maíz) de Estados Unidos produce casi la mitad del maíz mundial, aunque cada vez se exporta menos. La mayoría se consume en las granjas, donde se alimenta una vasta cantidad de ganado vacuno y porcino. En Europa el maíz esta reducido a las zonas cálidas húmedas, tales como Rumania, Yugoslavia, Hungría y algunas partes de Italia. Es el principal cultivo cerealístico de África, pero en Asia es superado en importancia por el arroz. En Hispanoamérica el principal país productor es México (SALVAT, 1989).



1.4.3. Producción mundial y en el Ecuador

Tabla 7. Nivel mundial: Producción de maíz
(En miles de TM)

País	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Estados Unidos	234.518	233.864	247.882	239.549	253.208
Argentina	15.500	19.360	13.500	17.200	15.000
Brasil	35.700	30.100	32.393	31.641	38.500
Colombia 1/	341	523	973	1.036	1.060
Perú 2/	560	604	1.074	1.230	1.340
Resto del Mundo	305.553	290.750	309.490	315.498	273.947
Total Mundial	592.172	575.201	605.312	606.154	583.055

Fuente: USDA

Elaboración: Proyecto SICA

Notas:

1/ El consumo de maíz en Colombia para el 2000/01 se estima en 3,1 millones de TM; las importaciones de maíz proyectadas para el mismo período, son de 2,1 millones de TM, de las cuales 1,67 millones de TM son para balanceados, 205 mil TM para bocaditos y harinas de consumo humano y para este mismo fin 235,000 TM de maíz blanco
2/ En Perú, el consumo estimado de maíz amarillo es de 2,06 millones de TM para el 2000/01; en el 2000, Perú importó 842,7 mil TM, de las cuales 282,5 mil TM fueron desde EE.UU. Y 560,1 de Argentina.



http://www.sica.gov.ec/cadenas/maiz/docs/estadistica_mundial_2001a.htm

Tabla 8. Ecuador: Importaciones de maíz duro 2001

Año	Volumen TM	Valor FOB (mil US\$)	Valor CIF (mil US\$)	País de Origen TM		
				EE.UU.	Argentina	Otros
2000	150.487	11.700	14.470	150.487	-	-
2001	130.664	12.638	15.266	87.362	27.802	15.500

Fuente: Banco Central Ecuador (BCE)

Elaboración: Proyecto SICA/MAG-Ecuador (www.sica.gov.ec)

Tabla 9. Ecuador: Exportaciones de maíz amarillo 2000

Mes	Volumen TM	Valor FOB (mil US\$)	País de Origen TM		
			Col.	EE.UU.	Otros
Ene	1.305	145	1.300	5	-
Feb.	120	16	120	-	-
Mar	1.550	173	1.550	-	-
Abr.	7.600	953	7.600	-	-
May	14.500	1.865	14.500	-	-
Jun.	15.100	2.140	15.100	-	-
Jul.	1.309	1.907	12.309	-	-
Ago	6.343	967	6.342	1	-
Sep.	2.638	378	2.635	3	-
Oct.	4.065	531	4.065	-	-
Nov.	9.275	1.003	9.274	1	-
Dic.	6.603	814	6.603	-	-
Total	81.408	10.792	81.398	10	-

Fuente: Banco Central Ecuador (BCE)

Elaboración: Proyecto SICA/MAG-Ecuador (www.sica.gov.ec)

Tabla 10. Ecuador: Exportaciones de maíz amarillo 2001

Mes	Volumen TM	Valor FOB (mil US\$)	País de Origen TM		
			Col.	EE.UU.	Otros
Ene	1.643	197	1.636	7	-
Feb.	200	28	194	6	-
Mar	277	33	277	-	-
Abr.	2.700	356	2.700	-	-
May	13.000,1	1.965,1	13.000	0,1	-
Jun.	15.517	2.721	15.505	12	-
Jul.	17.001	2.340	17.001	-	-
Ago	1.002	330	1.002	-	-
Sep.	201	34	200	1	-
Oct.	9	10	-	9	-
Nov.	1	1	-	-	1
Dic.	-	-	-	-	-
Total	51.551,1	8.015,1	51.515	35,1	-

Fuente: Banco Central Ecuador (BCE)

Elaboración: Proyecto SICA/MAG-Ecuador (www.sica.gov.ec)



Tabla 11. Ecuador: Demanda estimada de maíz duro 1993-2000 TM

Años	Maíz Duro	
	Mínimo	Máximo
1993	243.000	270.000
1994	270.000	300.000
1995	302.400	336.000
1996	324.000	360.000
1997	378.000	420.000
1998 a/	432.000	480.000
1999 b/	380.000	408.000
2000 b/	453.600	504.000

Fuente: Estimaciones Proyecto SICA

Elaboración: Proyecto SICA/MAG-Ecuador (www.sica.gov.ec)

Notas:

a/ A partir de marzo/99 se ha presentado una fuerte contracción del consumo de carne de pollo y huevos, una baja en los niveles de reposición en los planteles avícolas y por ende una reducción en las ventas de balanceados y en la demanda de materias primas, que ha obligado a una revisión de las estimaciones iniciales para 1999 en maíz duro.

b/ Datos 1999-2000 previsiones SICA

Tabla 12. Producción de maíz duro ciclo productivo: invierno/2001

Provincia	Superficie (ha)	Rendimiento (TM/ha)	Producción TM
Los Ríos	80.000	3,25	260.000
Guayas	40.000	3,00	120.000
Manabí	60.000	1,80	108.000
Total	180.000	2,71	488.000

Fuente: SICA-MAG y Consejo Consultivo

1.4.4. Gluten de maíz

1.4.4.1. Generalidades:



La harina de gluten de maíz es un subproducto del proceso de molienda del maíz mojado. La harina de gluten de maíz es una harina con alto contenido de proteína, con un mínimo de 60%. URL: www.csc-world.com/corn gluten.asp

El gluten de maíz está bajo la patente US Patent 5,030,268; Re 34,594.

1.4.4.2. Aplicaciones:

El gluten de maíz es una excelente fuente de proteína para alimento para aves, raciones para ganado, peces y animales domésticos. Sirve como una fuente de xantofilas para su uso en raciones para pollos de asado o para el color a la yema de los huevos de las gallinas ponedoras (www.williamsbioenergy.com/images/pdfs/coprod/MEAL.pdf).

El gluten de maíz tiene una actividad herbicida pre-emergente.

1.4.4.3. Composición típica:

Proteína : 60%; fibra: 1%; grasa: 1,4%; Ceniza total: 2% . Ver tabla 13.



Tabla 13. Componentes del Gluten de maíz

Componente	%	Componente	%
Alanina	5,97	Sodio	0,03
Arginina	2,08	Cloro	0,1
Acido aspártico	3,99	Sulfuro	0,83
Cisteína	1,19	T.D.N.	86
Acido glutámico	14,74	Extracto libre de nitrógeno	20
Glicina	1,85	Componente (unidades)	Valor
Histidina	1,57	Vitamina A (1000IU/kg)	66,14-143,30
Isoleucina	2,47	Betacaroteno (mg/kg)	44,09-77,16
Leucina	11,26	Biotina (mg/kg)	0,22
Lisina	0,99	Colina (mg/kg)	1653,45
Metionina	1,74	Inositol (mg/kg)	1856,96
Fenilalanina	3,58	Selenio (mg/kg)	0,66
Prolina	6,66	Niacina (mg/kg)	81,57
Serina	3,50	Acido pantotenico (mg/kg)	2,87
Treonina	2,22	Piridoxina (mg/kg)	6,17
Triptófano	0,29	Riboflavina (mg/kg)	2,20
Tirosina	2,84	Tiamina (mg/kg)	0,22
Valina	3,09	Cobre (mg/kg)	22,05
Calcio	0,02	Hierro (mg/kg)	167,55
Magnesio	0,15	Manganeso (mg/kg)	traza
Fósforo	0,7	Energía metabolizable (kcal/kg)	3749
Potasio	0,45	Densidad (kg/m3)	528,25-1056,49
		Xantofilas (mg/kg)	220,46-496,04

Fuente: URL: www.williamsbioenergy.com/images/pdfs/coprod/MEAL.pdf



1.4.4.4. Utilización en la Acuicultura

Se han realizado trabajos de reemplazo de la harina de pescado por gluten de maíz en algunas especies de peces, en tilapia Wu *et al.* (1995) encontraron que la harina de gluten de maíz se presenta como una buena alternativa de reemplazo proteico para esta especie, al alcanzar ganancias de peso mayores que los alimentos que no la contenían, además mostró alta tasa de eficiencia proteica y mejor o igual conversión alimenticia. Por otro lado estudios realizados en turbot (*Psetta maxima*) mostraron que la dieta que

contenía un máximo de 20% de harina de gluten de maíz tuvo un crecimiento comparable al de la dieta conteniendo harina de pescado lo que hace de este reemplazo una buena alternativa para la especie, aunque conforme se incrementan los niveles de esta harina decrece la digestibilidad de nutrientes y de energía (Regost *et al.*, 1999). Los autores concluyeron que para esta especie solo se podría reemplazar una tercera parte de la harina de pescado.

En trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) Skonberg *et al.* (1998) probaron el impacto que tenía el uso de esta fuente proteica sobre el color y el sabor de los filetes, en lo que se refiere al color del filete crudo se encontró una baja aceptación de este por su marcado color amarillo comparado con el control, aunque no afecta adversamente el sabor de los filetes.

Allan *et al.* (2000) probaron 29 ingredientes comúnmente utilizados para perca plateada (*Bidyanus bidyanus*) entre ellas la harina de gluten de maíz la cual mostró una digestibilidad similar a la harina de pescado. Esta fuente con alto contenido proteico tuvo un rango de 85-99% de materia seca total digestible, energía y nitrógeno digestibles comparado con 89-94% para harina de pescado. La desventaja radica en que el contenido, perfil y disponibilidad de aminoácidos esenciales de este ingrediente fue inferior al de la harina de pescado.

La harina de gluten de maíz fue utilizada también por Ballestrazzi *et al.* (1994) para probar el efecto del nivel de proteína en la dieta para crecimiento, composición del cuerpo, y excreción de amonio total y fosfato reactivo en seabass (*Dicentrarchus*

labrax). Se utilizaron 2 fuentes de proteína: harina de arenque y harina de arenque mas harina de gluten de maíz y 3 niveles de proteína cruda en base seca 44, 49 y 54%. Los resultados mostraron que el peso final fue afectado por el nivel de proteína mas no por la fuente proteica. En tanto que el nivel de excreción total de amonio se incrementaba linealmente y significativamente conforme el nivel de proteína aumentaba en las dietas. Las dietas que contenían harina de gluten de maíz tuvieron una menor concentración de fosfato reactivo en el agua de los efluentes que las que contenían solo harina de arenque (55,1 versus 113,9 mg PO₄/kg/día).

Masumoto *et al.* (1996) analizaron la disponibilidad de aminoácidos y la digestibilidad en pez cola amarilla (*Seriola quinqueradiata*) de algunas fuentes proteicas tales como harina de pescado café, caseína, harina de carne, proteína concentrada de soya, harina de gluten de maíz y harina de soya sin desgrasar, las cuales fueron incorporadas entre el 40 y 72% de la dieta como única fuente de proteína para producir dietas desde 30 hasta 36% de proteína cruda. Los resultados mostraron que la harina de gluten de maíz es la que menores valores de disponibilidad de aminoácidos y digestibilidad mostró 46,8 y 49,7 respectivamente. En la misma especie Watanabe *et al.* (2001) probaron dietas en las cuales reemplazaron la harina de pescado por proteína concentrada de soya, harina de soya desgrasada, harina de gluten de maíz, harina de carne y harina de krill en diferentes tipos de pellet con o sin la complementación de los aminoácidos esenciales. En cuanto a crecimiento la dieta control, una dieta comercial para cola amarilla tuvo los mejores resultados en crecimiento y condiciones fisiológicas. Entre las dietas que no contenían harina de pescado las mejores fueron las que se complementaron con aminoácidos esenciales.

1.5. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ALIMENTO BALANCEADO.

Los alimentos para acuicultura han ido creciendo dentro de los países en desarrollo y en muchos países desarrollados debido al aumento de los cultivos de peces y crustáceos.

Esta tendencia ha sido particularmente aparente en los primeros con la progresiva intensificación de los sistemas de cultivo, y en particular dentro de países como China, India, Indonesia y Filipinas, por la producción de especies de peces para alimentación de bajo valor como carpa, tilapia y bagre, y producción de especies de alto valor como camarón, salmón, trucha, cola amarilla, serrano y mero.

La producción de insumos para acuicultura ha sido ampliamente reconocida como una de las industria agrícolas que mas se ha expandido en el mundo con un crecimiento anual en exceso de 30% por año (Rabobank Nederland, 1995; Tacon, 1996).

Aunque algunas estadísticas no oficiales colectadas por la FAO involucran los componentes de la producción de alimentos animales dentro de estos. Gill (1996) estimó que el total de la producción en el mundo de alimentos manufacturados con componentes animales fue de alrededor de 560 millones de TM en 1995, avaluadas en alrededor de 55 miles de millones de dólares, de los cuales, los alimentos acuícolas constituyen el 3% o 16,8 millones de TM. Gill (1997), además calculó la producción global de alimentos para acuicultura en 18,2 millones de TM en 1996, aunque no se estimó las cantidades para la producción de alimentos de acuicultura para las mayores especies cultivadas dentro de países individuales o por regiones.



2. MATERIALES Y MÉTODOS



2.1. FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS

Se formularon 12 dietas con 25% (Tabla 1) y 40% (Tabla 2) de proteína y 6 niveles de reemplazo de la harina de pescado por gluten de maíz en cada nivel de proteína.

Las dietas 25a y 40a fueron consideradas como las dietas control por no tener en su fórmula gluten de maíz.

Las dietas fueron elaboradas primero incorporando y mezclando los ingredientes que tenían los mismos porcentajes en las 12 dietas y luego se dividió esta mezcla en 12 partes. Cada una de las dietas fue preparada cuidadosamente adicionando progresivamente cada ingrediente y mezclándolos manualmente hasta su completa homogenización. Se incluyeron los aminoácidos limitantes de las dietas mediante el uso de carboximetilcelulosa, previamente gelatinizada en 30 ml de agua destilada caliente, en una proporción de 1,5 g por cada 20g de aminoácidos.

Seguidamente se añadió el aceite de pescado y el almidón de maíz. Antes de peletizar, junto con el agua (50% de la dieta total) se agregaron 2 aglutinantes, carboximetilcelulosa y k-carrageno en cantidades del 4% y 2,5% del total de la dieta respectivamente, para que las dietas peletizadas tuvieran mayor estabilidad en el agua.

La mezcla de cada dieta fue pasada por una peletizadora 2 veces para asegurar la mejor aglutinación de los ingredientes. Las dietas peletizadas en forma de tallarines fueron llevados a un horno con ventilador vertical NAKAYASU y secados a 60°C durante 2 horas. Luego de secado fue quebrado manualmente para darle el tamaño adecuado para los animales y guardado en refrigeración a 4°C .

Tabla 15. Composición de las dietas experimentales con 40% de proteína evaluadas en el presente estudio.

Ingredientes	40a	40b	40c	40d	40e	40f
Harina de Pescado	41,02	32,82	24,62	16,41	8,20	0,00
Proteína Concentrada de Soya	15,00	14,50	14,11	14,00	14,00	13,53
Gluten de Maíz	0,00	8,08	16,16	24,23	32,31	40,39
Arginina	0,60	0,74	0,90	1,00	1,19	1,30
Lisina	0,12	0,50	0,70	0,88	0,90	1,00
Metionina	0,48	0,50	0,50	0,50	0,50	0,52
Triptófano	0,17	0,10	0,09	0,05	0,01	0,01
Aceite de Hígado de Bacalao	2,91	3,52	4,14	4,75	5,37	5,98
Almidón de maíz	31,32	30,86	30,40	29,78	29,13	28,87
Tierra de diatomeas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aglutinante	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antihongo	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Antioxidante	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Astaxantina	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Colesterol	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Lecitina de soya	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mezcla de minerales	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mezcla de vitaminas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Atractante PRO K	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



2.2. BIOENSAYO DE CRECIMIENTO.

La parte experimental del estudio de reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz fue desarrollado en una sala experimental del Centro Nacional de Investigaciones Marinas “Edgar Arellano” (CENAIM), ubicado en San Pedro de Manglaralto, Península de Santa Elena, Provincia del Guayas. Esta sala contaba con 60 acuarios de 50 litros distribuidos en grupos de 6 por mesón donde cada acuario contaba con sus respectivas tomas de agua, piedras difusoras de aire y estaban cubiertos con malla azul para evitar que los camarones salten fuera ellas.

Se emplearon 480 juveniles de *Litopenaeus vannamei* provenientes del CENAIM de un experimento en el que se evaluaron diversas dietas comerciales. Correspondiendo estos camarones al grupo de larvas control alimentados con una dieta experimental del CENAIM.

Los animales de un peso promedio inicial de 0,3 g se sembraron a razón de 8 animales por acuario equivalente a 44/m². A cada tratamiento dietético se le asignaron 5 réplicas, siendo éstas distribuidas aleatoriamente.

Los animales fueron alimentados con las dietas experimentales en una cantidad equivalente al 10 % de la biomasa dividida en 3 raciones iguales y repartidas a las 09h00, 13h00 y 18h00. Para agilizar el suministro de alimento se utilizaron dosificadores cada uno con capacidad establecida.

Diariamente se realizó la remoción de los desechos orgánicos de los acuarios mediante sifoneo. Los acuarios tuvieron un recambio constante de agua del 1000% diario y la calidad de ésta fue monitoreada 3 días a la semana midiendo la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto mediante el uso de un medidor YSI 85. El fotoperiodo fue mantenido en 12 horas luz y 12 horas oscuridad.

Se realizaron muestreos quincenales de crecimiento, pesando todos los animales de cada acuario en una balanza de 0,01 g de precisión, secados con papel toalla y colocados nuevamente en el respectivo acuario.

2.3. TASA DE INGESTIÓN

Los mismos animales utilizados para el ensayo de crecimiento ya habituados a las dietas experimentales fueron empleados en la determinación de la tasa de ingestión de alimento.

Estos camarones, mantenidos bajo las mismas condiciones del ensayo previo, fueron alimentados con las respectivas dietas al 10% de su biomasa repartidas en dosis iguales a las 08h00 y 12h00.

El alimento no consumido fue retirado mediante sifón de los acuarios 2 horas después de haber sido suministrado y colocado sobre una malla previamente pesada. El alimento retirado fue lavado con agua destilada y secado en una estufa por un periodo de 24 horas a 60 °C y posteriormente pesado para determinar el porcentaje de alimento ingestado en base a la biomasa de cada acuario.

La tasa de ingestión fue calculada con la siguiente fórmula:



$$\text{Tasa de ingestión} = \frac{[\text{Alimento suministrado} - (\text{Alimento no consumido} \times \text{blanco})]}{\text{Biomasa del acuario}} \times 100$$

Adicionalmente se realizó un blanco (acuarios con aireación del agua, sin animales, solo los pellets del alimento) con la finalidad de determinar un factor de corrección debido a la pérdida de alimento por movimiento del agua, aireación, sifoneo y lavado.

Estos blancos fueron realizados en 3 acuarios por dieta y en la misma forma que se estimó de la tasa de ingestión con animales, es decir 2 veces al día y con el mismo tiempo de permanencia del alimento en el agua.

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



Al igual que el alimento no consumido, muestras de cada dieta fueron colocadas en recipientes previamente pesados y secadas a 60°C por 24 horas. Después de ser enfriadas fueron pesadas y el porcentaje de materia seca fue calculado como se describe en la fórmula. Esto fue realizado con el propósito de que tanto el alimento suministrado como el no consumido ingresen en base seca en la fórmula y de esa forma no afecten el resultado final de la tasa de ingestión.

$$\text{Materia seca (\%)} = 100 - [((\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) / \text{peso húmedo}) \times 100]$$

2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de crecimiento y tasa de ingestión fueron sometidos a la prueba de Anderson-Darling para establecer su normalidad y a la prueba de Bartle para determinar homogeneidad de varianza.

Los resultados expresados en porcentaje fueron transformados por arcoseno previo al análisis de varianza (ANOVA). Luego de verificarse diferencias significativas ($p < 0,05$) mediante ANOVA los datos fueron evaluados por la prueba de mínima diferencia

significativa (Least Significant Difference, LSD) también llamada prueba de Fisher para determinar entre que tratamientos hubo diferencias significativas. El análisis de los datos fue realizado con el programa estadístico Data Desk 6.0 para Macintosh.





3. RESULTADOS

3.1. CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua fue monitoreada durante todo el cultivo, desde el día de siembra 28 de Agosto del 2001 hasta la cosecha el 5 de Noviembre del 2001. Los resultados promedio de los parámetros abióticos de los acuarios se detallan en la tabla 1.

Los promedios de temperatura semanal se mantuvieron en un rango de 22,4 a 25,8 °C. En la primera semana de cultivo se encontraron las temperaturas mas bajas de todo el ensayo promediando los 22,4 °C, aumentando hasta alcanzar los 23,5 °C a la tercera semana, manteniéndose constante durante las 2 semanas siguientes. A la sexta semana de cultivo, la temperatura se elevó hasta alcanzar un promedio de 24,5 °C, descendiendo en la séptima semana aproximadamente 1 °C para volverse a elevar paulatinamente hasta alcanzar los 24,5 °C al final del ensayo.

Los datos de pH, amonio, nitritos y nitratos no fueron medidos ya que las unidades se encontraban a un recambio continuo del 1000%.

Tabla 16. Valores promedio de parámetros físicos de calidad de agua.

Parámetros	Media \pm Desviación Estándar	Rango (min – max)
Oxígeno (mg/l)	6,65 \pm 0,29	5,6 – 7,32
Temperatura (°C)	23,4 \pm 0,6	21,8 – 25,8
Salinidad	35,4 \pm 0,3	35 – 36

3.2. ANÁLISIS DE LAS DIETAS

Se analizó la composición proximal en materias primas y dietas, encontrándose similitud entre lo formulado y lo elaborado en lo que respecta a proteína, lípidos y carbohidratos.

En lo que se refiere a los aminoácidos esenciales, los únicos que variaron fueron la leucina y fenilalanina los cuales aumentaron a medida que el nivel de harina de pescado disminuía y el gluten de maíz se incrementaba en ambos niveles de proteína (Tabla 2 y 3). En tanto que 7 de los 8 amino ácidos no esenciales identificados incrementaban o disminuían conforme el nivel de reemplazo era mayor.



Tabla 17. Composición nutricional calculada de las dietas con 25% de proteína ensayadas en base a las materias primas utilizadas.

Nutrientes (Materia seca)	Dieta 25a	Dieta 25b	Dieta 25c	Dieta 25d	Dieta 25e	Dieta 25f
Prot. Cruda	24,60	24,62	24,72	24,74	24,81	24,76
Prot. Verdadera	18,33	18,90	19,41	19,99	20,63	21,06
Lípidos	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Carbohidratos	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Ceniza	29,74	28,50	27,17	25,92	24,58	23,46
Aminoácidos						
A.A.Esenciales						
ARG	1,49	1,46	1,52	1,50	1,47	1,48
HIS	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57
ILE	0,89	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91
LEU	1,52	1,86	2,20	2,54	2,89	3,23
LYS	1,47	1,45	1,50	1,48	1,46	1,45
MET	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
PHE	0,88	0,93	0,98	1,03	1,09	1,13
THR	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77
TRP	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,23
VAL	0,96	0,98	0,99	1,02	1,04	1,05
A.A.No esenciales						
ASP	2,16	2,00	1,83	1,66	1,51	1,33
SER	0,91	0,93	0,95	0,98	1,00	1,02
GL	3,39	3,52	3,64	3,76	3,90	4,01
PRO	1,07	1,25	1,44	1,63	1,83	2,01
GLY	0,87	0,83	0,80	0,77	0,74	0,70
ALA	0,95	1,12	1,29	1,46	1,64	1,80
CIS	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,35
TYR	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
ND1	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
ND2	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Fracción lipídica						
Colesterol	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Fosfolípidos	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
sum % n-3	0,66	0,78	0,90	1,02	1,14	1,26
sum % n-6	0,84	0,90	0,96	1,02	1,08	1,14
EPA/DHA	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
n-3/n-6	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
sum Sat.:	0,82	0,94	1,07	1,19	1,31	1,44
sum Insat.:	2,38	2,70	3,03	3,35	3,68	4,01
Sat/Insat.:	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
sum n-3 HUFAs:	0,76	0,91	1,06	1,21	1,36	1,51

Tabla 18. Composición nutricional calculada de las dietas con 40% de proteína ensayadas en base a las materias primas utilizadas.

Nutrientes	Dieta 40a	Dieta 40b	Dieta 40c	Dieta 40d	Dieta 40e	Dieta 40f
(Materia seca)						
Prot. Cruda	40,00	40,00	40,00	40,07	40,16	40,00
Prot. Verdadera	30,84	31,46	32,15	33,02	33,96	34,61
Lípidos	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Carbohidratos	32,56	32,13	31,69	31,11	30,49	30,26
Ceniza	6,46	5,18	3,89	2,60	1,30	0,00
Aminoácidos						
A.A.Esenciales						
ARG	2,43	2,41	2,41	2,37	2,42	2,37
HIS	1,04	1,03	1,02	1,02	1,03	1,02
ILE	1,50	1,49	1,49	1,50	1,51	1,51
LEU	2,56	3,04	3,52	4,03	4,54	5,03
LYS	2,41	2,55	2,55	2,55	2,42	2,33
MET	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00
PHE	1,46	1,52	1,59	1,66	1,74	1,80
THR	1,38	1,36	1,34	1,34	1,33	1,31
TRP	0,35	0,32	0,35	0,35	0,35	0,39
VAL	1,63	1,65	1,67	1,70	1,74	1,76
A.A.No esenciales						
ASP	3,57	3,31	3,05	2,82	2,59	2,33
SER	1,50	1,52	1,55	1,58	1,62	1,65
GL	5,51	5,66	5,83	6,02	6,22	6,38
PRO	1,78	2,04	2,31	2,59	2,87	3,14
GLY	1,57	1,51	1,45	1,41	1,37	1,31
ALA	1,71	1,94	2,18	2,43	2,69	2,93
CIS	0,24	0,30	0,36	0,41	0,47	0,53
TYR	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18
ND1	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24
ND2	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11
Fracción lipídica						
Colesterol	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
Fosfolípidos	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41
sum % n-3	0,88	1,05	1,23	1,40	1,58	1,75
sum % n-6	0,96	1,04	1,13	1,22	1,31	1,40
EPA/DHA	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
n-3/n-6	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13
sum Sat.:	1,04	1,22	1,40	1,58	1,76	1,94
sum Insat.:	2,98	3,45	3,92	4,39	4,86	5,34
Sat/Insat.:	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
sum n-3 HUFAs:	1,03	1,25	1,47	1,69	1,91	2,13

3.3. SUPERVIVENCIA

Al analizar mediante ANOVA (Tabla 4) los valores de supervivencia no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los animales alimentados con las dietas de 25% de proteína ni entre los camarones sostenidos con las de 40%, ni entre ambos grupos. Sin embargo como se puede observar en la figura 1 existió un 15% mas de supervivencia en el grupo de camarones mantenidos con la dieta 25f desde la sexta semana hasta el final del ensayo que en los animales tratados con las demás dietas 25a - 25e. En cambio en los animales alimentados con las dietas 40 a, 40b y 40c se pudo observar una mayor supervivencia aunque no significativa ($P > 0,05$) con respecto a los camarones alimentados con las otras 3 dietas (Figura 2) al final del experimento. La población en general presentó una mortalidad inferior al 27,5%.

Tabla 19. Resultados de ANOVA para la supervivencia obtenida en camarones alimentados con las 12 dietas experimentales ensayadas.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrado medio	F-calculada	Probabilidad
Constante	1	80,0877	80,0877	1360,6	$\leq 0,0001$
Reemplazo	5	0,061013	0,012203	0,20732	0,9578
Proteína	1	0,001307	0,001307	0,02220	0,8822
Reemplazo*Proteína	5	0,493893	0,98779	1,6782	0,1580
Error	48	2,82528	0,058860		
Total	59	3,38149			

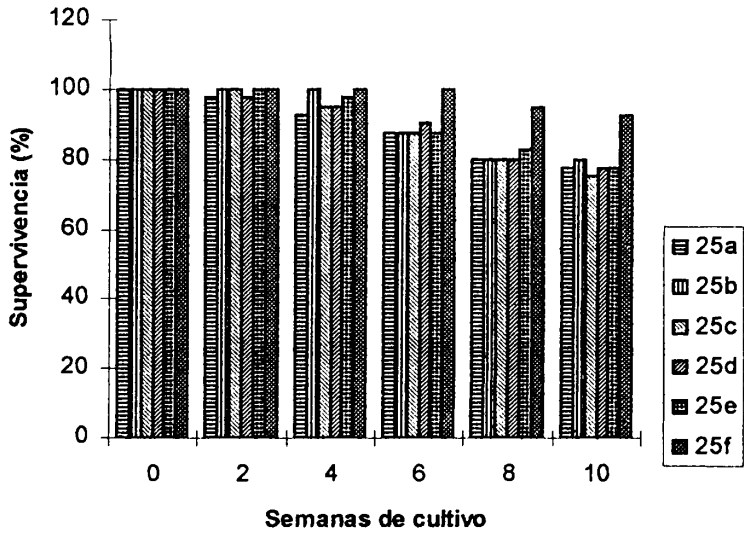


Figura 1. Supervivencia quincenal del ensayo reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en dietas con 25% de proteína para *L. vannamei*.

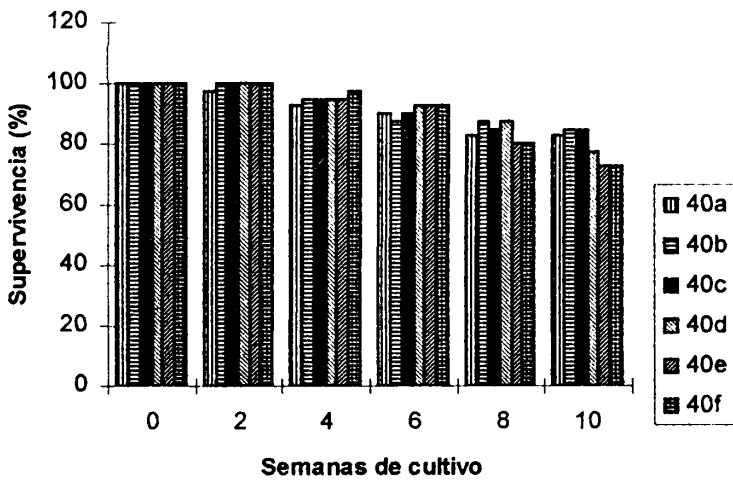


Figura 2. Supervivencia quincenal del ensayo reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en dietas con 40% de proteína para *L. vannamei*.



3.4. CRECIMIENTO

Los resultados del peso promedio alcanzado por los camarones alimentados con cada una de las dietas que contenían 25 y 40% de proteína mostraron diferencias estadísticas al ser sometidos a ANOVA como se aprecia en la tabla 20.

Tabla 20. Resultados de ANOVA para crecimiento obtenido en camarones alimentados con las 12 dietas experimentales ensayadas.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrado medio	F-calculada	Probabilidad
Constante	1	42,2017	42,2017	1843,1	$\leq 0,0001$
Reemplazo	5	4,16387	0,832775	36,371	$\leq 0,0001$
Proteína	1	0,400167	0,400167	17,477	0,0001
Reemplazo*Proteína	5	0,584213	0,116843	5,1030	0,0008
Error	48	1,09904	0,022897		
Total	59	6,24729			

Los resultados de los muestreos señalaron un mayor crecimiento en los camarones sostenidos con las dietas control (25a y 40a sin harina de gluten de maíz) y disminución del crecimiento conforme se aumentaba el nivel de inclusión de gluten de maíz en las dietas. Los más bajos crecimientos (50 y 70% menos que los controles respectivamente) se encontraron en los animales mantenidos con las dietas 25f y 40f con total reemplazo de la harina de pescado por gluten de maíz como se puede observar en las figuras 3 y 4. Cabe destacar que los camarones utilizados para estos experimentos, fueron sometidos al finalizar el ensayo a la prueba de PCR, resultando positivos para IHHNV (Virus de la Necrosis hematopoyética e hipodérmica), lo cual causa también enanismo y pobre crecimiento.

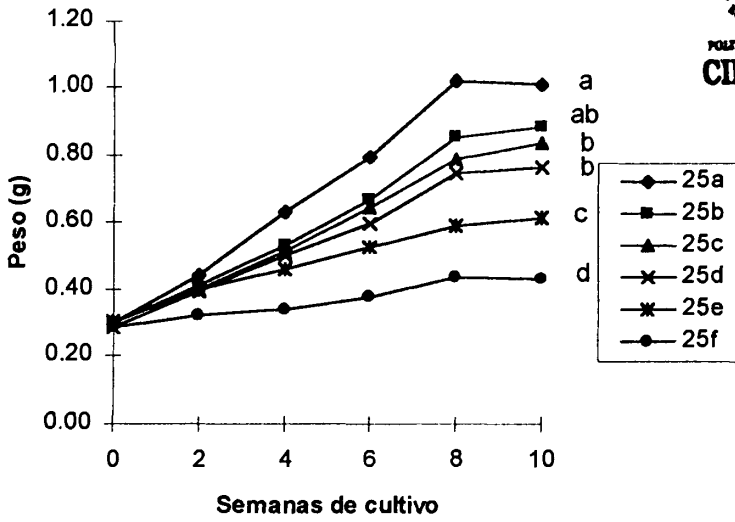


Figura 3. Crecimiento del *L. vannamei* obtenido durante el ensayo de reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en balanceado con 25% de proteína. Letras diferentes representan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre pesos finales.

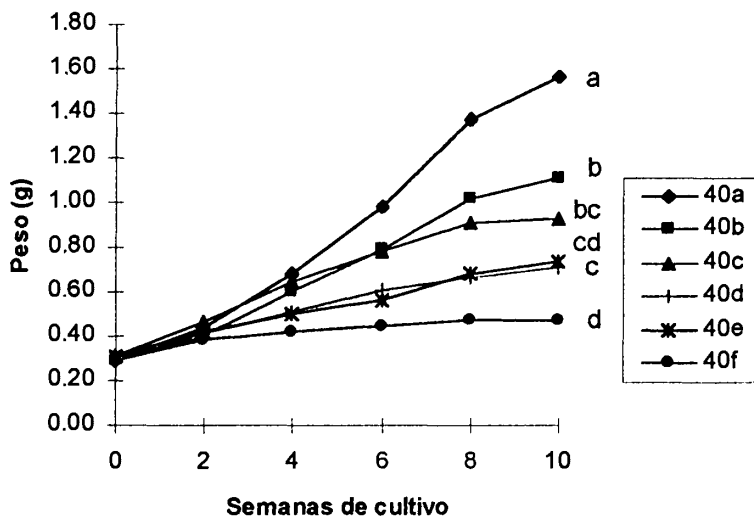


Figura 4. Crecimiento del *L. vannamei* obtenido durante el ensayo de reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en balanceado con 40% de proteína. Letras diferentes representan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre pesos finales.

Como se presenta en la figura 4 los valores de peso promedio al final del ensayo registraron que los camarones alimentados con las dietas control (100% de harina de pescado) tuvieron un crecimiento significativamente superior ($P < 0,05$) a los sustentados con las demás dietas. Los animales alimentados con las dietas con 20 y 40% de reemplazo (40b y 40c) no tuvieron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre ellas. En tanto que la dieta 40c con 40% de sustitución dio como resultado un crecimiento superior pero no diferente al obtenido con las dietas con 60 y 80% de reemplazo (40d y 40e).

El grupo de camarones alimentados con la dieta con total reemplazo de la harina de pescado dio un crecimiento significativamente ($P < 0,05$) inferior (75% menos que el control) a los alimentados con las demás dietas excepto los que consumieron la dieta con 60% de reemplazo (40d) con la cual no existieron diferencias estadísticas ($P > 0,05$).

Al compararse los resultados obtenidos de crecimiento entre las dietas de 25 y 40% de proteína se encontró que los camarones alimentados con la dieta control (100% harina de pescado) conteniendo 25% de proteína no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) con los camarones alimentados con las dietas 40b y 40c (20 y 40% de reemplazo).

El peso final alcanzado por los camarones tratados con las dietas 25b a 25d (20, 40 y 60% de reemplazo de la harina de pescado) no difirieron significativamente ($P > 0,05$) con las dietas 40c a 40e (40, 60 y 80% de reemplazo).



Los resultados de crecimiento al final del ensayo no mostraron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre las dietas 25e y 25f (80 y 100% de reemplazo) con la dieta 40f (100% de reemplazo).

Cabe destacar que el mayor crecimiento se reportó en los animales alimentados con la dieta control con 40% de proteína, este fue estadísticamente superior ($P < 0,05$) a las demás dietas (Figura 5).

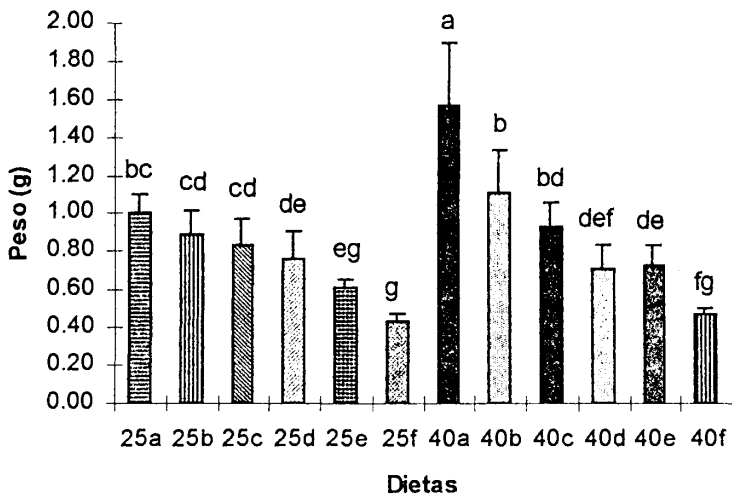


Figura 5. Resultados de crecimiento de 10 semanas del ensayo de alimentación del juvenil *L. vannamei* usando diferentes niveles de sustitución de gluten de maíz en dietas con 25 y 40% de proteína. Las barras representan las medias \pm la desviación estándar y las letras señalan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre dietas.





3.5. BIOMASA GANADA

El ANOVA mostró que la biomasa ganada por los camarones alimentados con las diferentes dietas conteniendo 25 y 40% de proteína fue estadísticamente diferente ($P < 0,05$) entre ellos (Tabla 6).

Tabla 21. Resultados de ANOVA para la biomasa ganada obtenida en camarones alimentados con las 12 dietas experimentales ensayadas.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrado medio	F-calculada	Probabilidad
Constante	1	516,619	516,619	365,48	$\leq 0,0001$
Reemplazo	5	181,575	36,3150	25,691	$\leq 0,0001$
Proteína	1	20,0219	20,0219	14,164	0,0005
Reemplazo*Proteína	5	35,8037	7,16075	5,0659	0,0008
Error	48	67,8494	1,41353		
Total	59	305,250			

Comparando las biomásas alcanzadas por las dietas con 25% de proteína se encontró que la mayor biomasa ganada fue la mostrada por los camarones tratados con la dieta control (25a) aunque no fue estadísticamente diferente ($P > 0,05$) de la biomasa lograda por los camarones mantenidos con las dietas 25b y 25c (20 y 40% de reemplazo). Los camarones sustentados con la dieta 25d, 25e y 25f presentaron una ganancia de biomasa significativamente diferente ($P < 0,05$) de los animales alimentados con la dieta control.

El grupo de camarones que menos biomasa ganó fue el tratado con la dieta 25f con total reemplazo de la harina de pescado (100% gluten de maíz), siendo estadísticamente distinta ($P < 0,05$) a la biomasa ganada por los camarones mantenidos con las dietas 25a, 25b y 25c (0, 20 y 40% de reemplazo).

En cuanto a los tratamientos con 40% de proteína los resultados presentaron que estadísticamente la mayor biomasa ($P < 0,05$) fue la alcanzada por los camarones alimentados con la dieta control (40a), seguido por los sostenidos con la dieta 40b con 20% de reemplazo de la harina de pescado. Los camarones alimentados con las dietas 40b y 40c presentaron una biomasa significativamente superior a los tratamientos 40d, 40e y 40f. No obstante los animales suplementados con la dieta 40c tuvieron una biomasa significativamente inferior al grupo que recibió la dieta 40a (aproximadamente la mitad). Mientras que no existió diferencias entre las dietas 40d, 40e y 40f.

Al comparar los dos bloques de reemplazo en los dos niveles de proteína se puede observar claramente una biomasa significativamente superior en los camarones alimentados con las dietas 40a y 40b en comparación a las 6 dietas con 25% de proteína. Los camarones alimentados con la dieta 40c no mostraron diferencias ($P > 0,05$) con los animales mantenidos con las dietas 25a, 25b y 25c. La biomasa ganada por los camarones alimentados con la dieta 40d mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) con la biomasa de los animales que consumieron la dieta 25a (100% harina de pescado) mientras que no fueron diferentes significativamente ($P > 0,05$) a las biomásas de los animales sustentados con las dietas 25b, 25c, 25d, 25e y 25f, con 20, 40, 60, 80 y 100% de reemplazo por gluten de maíz, respectivamente.

Los animales mantenidos por la dieta 40e presentaron una biomasa significativamente diferente ($P < 0,05$) a la biomasa de los mantenidos con las dietas 25a y 25b (0 y 20% de reemplazo) pero estadísticamente similar ($P > 0,05$) a la biomasa de los grupos de

camarones alimentados con las dietas 25c, 25d, 25e y 25f. La menor ($P < 0,05$) ganancia de biomasa comparando las dietas de 25 y 40% de proteína fue la alcanzada por los camarones alimentados con la dieta 40f, siendo menor a los animales mantenidos con la dieta control (40a), pero sin ser diferente estadísticamente ($P > 0,05$) a los camarones sostenidos con las dietas 25e y 25f (80 y 100% gluten de maíz respectivamente). En la figura 6 se puede observar lo anteriormente descrito.

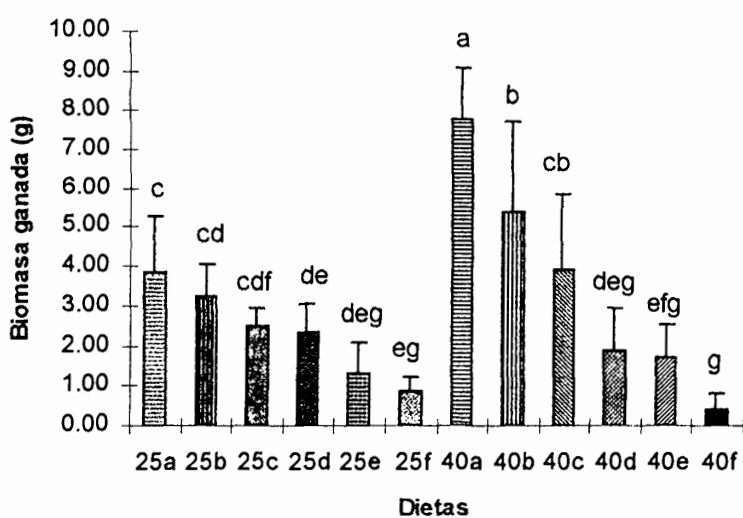


Figura 6. Biomasa ganada luego de 10 semanas del ensayo de alimentación del juvenil *L. vannamei* usando diferentes niveles de sustitución de gluten de maíz en dietas con 25 y 40% de proteína. Las barras representan las medias \pm la desviación estándar y las letras señalan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre dietas.



3.6. TASA DE INGESTIÓN

Los resultados del ensayo de tasa de ingestión al igual que los de supervivencia fueron previamente arcoseno transformados antes del ANOVA.

Al aplicar ANOVA a los datos de consumo de las 12 dietas por parte de los camarones se encontró diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre las tasas de ingestión (Tabla 7)

Tabla 22. Resultados de ANOVA para la tasa de ingestión obtenida en camarones alimentados con las 12 dietas experimentales ensayadas.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrado medio	F-calculada	Probabilidad
Constante	1	2,75902	2,75902	5667,4	$\leq 0,0001$
Reemplazo	5	0,175099	0,035020	71,936	$\leq 0,0001$
Proteína	1	0,032123	0,032123	65,987	$\leq 0,0001$
Reemplazo*Proteína	5	0,016695	0,003339	6,8587	$\leq 0,0001$
Error	48	0,021420	0,000487		
Total	59	0,249484			

Diferencias estadísticas ($P < 0,05$) fueron establecidas para el consumo de los camarones tratados con las dietas con 25% de proteína. Utilizando la prueba de Fisher se determinó que los animales alimentados con las dietas 25a hasta 25e no tuvieron una tasa de ingestión significativamente diferente ($P > 0,05$) entre sí. Por el contrario los camarones sustentados con la dieta con total reemplazo de la harina de pescado por gluten de maíz (25f) manifestaron un menor consumo, aproximadamente 10 veces con respecto al grupo alimentado con la dieta control 25a con 100% harina de pescado (Figura 7).



Los camarones que fueron mantenidos con las dietas con 40% de proteína sin reemplazo de la harina de pescado (control, 40a) manifestaron una tasa de ingestión mayor que los otros tratamientos, aunque no fue estadísticamente diferente ($P>0,05$) al grupo alimentado con la dieta con el 20% de reemplazo (40b).

Por otra parte la tasa de ingestión de los camarones alimentados con la dieta 40d no fue significativamente diferente ($P>0,05$) de 40c y 40e, aunque estas dos últimas si fueron diferentes ($P<0,05$) entre sí, pero sí tuvieron una tasa de ingestión inferior a los mantenidos con las demás dietas con mayor inclusión de harina de pescado (40a y 40b). Mientras que los animales que menor consumo registraron fueron los alimentados con la dieta con total reemplazo de la harina de pescado por gluten de maíz, aproximadamente 1/3 parte del consumo de los mantenidos con la dieta control (Figura 7).

Al comparar estadísticamente los resultados de la tasa de ingestión de los camarones sustentados con las 12 dietas se pudo observar que el consumo del grupo de animales alimentados con las dietas 25 a y 25b no difirieron significativamente ($P>0,05$) con los tratados con las dietas 40c y 40d. El consumo de los grupos de camarones sostenidos con las dietas con 25% de proteína que contenían harina de pescado (25a hasta 25e) y los camarones mantenidos con la dieta 40e (80% de reemplazo) no fueron significativamente diferentes ($P>0,05$) entre ellas.



Por el contrario los animales sustentados con la dieta 25f con 100% de gluten de maíz fueron los que registraron la menor ingestión (8,3% del consumo de la dieta control 25a) con respecto a los alimentados con las demás dietas, seguido por los mantenidos con la dieta 40f. Ambas dietas (25f y 40f) dieron tasas de ingestión estadísticamente diferentes ($P < 0,05$) entre sí y significativamente inferiores ($P < 0,05$) a las obtenidas por los camarones sostenidos con las demás dietas que contenían harina de pescado (Figura 7).

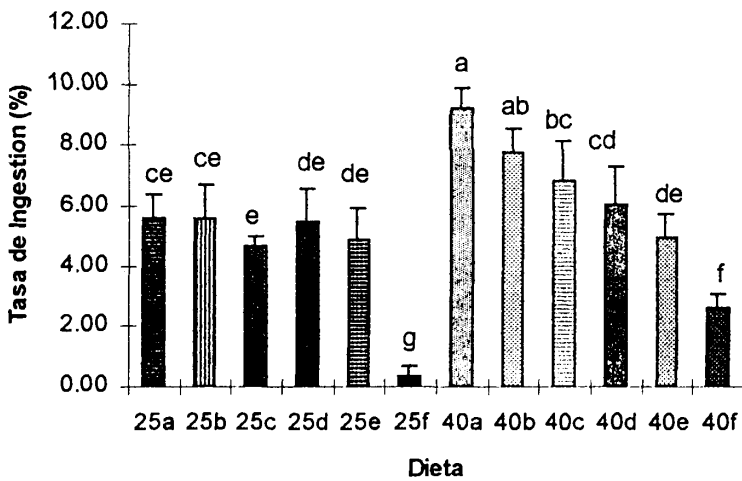


Figura 7. Resultados de la tasa de ingestión del *L. vannamei* alimentado con diferentes niveles de sustitución de gluten de maíz en dietas experimentales con 25% y 40% de proteína. Las barras representan las medias \pm la desviación estándar y las letras señalan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las dietas.





4. DISCUSIÓN

4.1. PARÁMETROS AMBIENTALES

De acuerdo a los resultados observados en cuanto a oxígeno y salinidad los parámetros medidos en este estudio mostraron ser adecuados para el crecimiento de los camarones *L. vannamei*, ya que se situaron en 6,65 mg/l y 35,4 ppt en promedio, respectivamente. Guillaume (1997) determinó que factores abióticos como la temperatura y la salinidad pueden afectar los requerimientos de proteína al provocar un desequilibrio fisiológico cuando no son los óptimos para la especie, causando complicaciones en sus procesos biológicos.

En el presente estudio se registró un promedio bajo de temperatura ($23,4 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$), lo que posiblemente ocasionó una disminución en el consumo de alimento. Garza (1998) reportó una mayor ingesta de alimento en camarones *L. vannamei* mantenidos a 30°C y 35 ppt de salinidad, comparados con camarones mantenidos a 18 y 24°C bajo la misma salinidad.

El crecimiento o aumento de peso en relación al tiempo, depende entre otros factores del sexo, la talla, condiciones ambientales como la temperatura y salinidad y del alimento (Wootton, 1990). Existe una estrecha dependencia de los procesos biológicos con la temperatura especialmente en la tasa metabólica (Newell, 1976). En los crustáceos la temperatura afecta el ciclo de muda, cuando ésta aumenta el periodo de

duración de la ecdysis se reduce, y en el caso del crecimiento, éste puede disminuir incluso cesar por temperaturas bajas (Kinne, 1971).

En lo que respecta a pH, amonio, nitritos y nitratos no fueron medidos ya que los ensayos, tanto de crecimiento como de tasa de ingestión estuvieron sujetos a un recambio constante del 1000%.

4.2. ANÁLISIS PRÓXIMAL

El análisis proximal de las dietas indicó que estas se mantuvieron en los rangos formulados de proteína (24,70% y 40%) y lípidos (6% y 8%), siendo estos valores los recomendados para camarones juveniles de *L. vannamei* en crecimiento, lo que indica que los animales fueron alimentados con dietas similares en cuanto a nutrientes se refiere, y diferentes solo en las materias primas utilizadas.

4.3. SUPERVIVENCIA

Camba *et al.*(1993) realizaron un estudio para determinar los requerimientos proteicos de *L. vannamei* evaluando 5 dietas isocalóricas con 25, 30, 35, 40 y 45% de proteína, al finalizar la supervivencia fue del 83% para la dieta con 25% de proteína y del 68% para la dieta con 40% de proteína, lo que podría indicar que con niveles menores de proteína se observa mayor supervivencia. Esta respuesta comparada con los resultados de supervivencia obtenidos en éste trabajo de investigación podría tener similitud ya que aunque no se encontraron diferencias significativas entre las supervivencias de los camarones alimentados con las 12 dietas experimentales, las dietas con 40% de proteína



tuvieron menor supervivencia que las dietas con 25% de proteína sin encontrarse diferencias significativas dentro de un mismo nivel, la mortalidad general fué inferior al 27,5% es decir una supervivencia sobre el 70% que es aceptable en experimentos de nutrición.

4.5. CRECIMIENTO



En cuanto a crecimiento este estudio estaba orientado a probar cual de las dietas elaboradas con diferentes niveles de proteína y diferentes porcentajes de inclusión de harina de gluten de maíz proporcionaba mejores resultados. La mayoría de estudios reportados para reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz han sido realizados en peces. Wu *et al.* (1995) determinaron que una excelente alternativa para obtener alimentos libres de harina de pescado es la harina de gluten de maíz. Su estudio realizado en tilapia obtuvo mayores ganancias en peso, alta tasa de eficiencia proteica y mejor o igual tasa de conversión alimenticia que los alimentos que no la contenían; otro estudio realizado en turbot (*Psetta maxima*) mostró que la dieta que contenía 20% de harina de gluten de maíz tuvo un crecimiento comparable a la dieta que contenía harina de pescado, sin embargo, un nivel de reemplazo mayor o total de harina de pescado mostró resultados desfavorables en el crecimiento, debido a una baja digestibilidad de nutrientes y energía (Regost *et al.*, 1999), estos resultados permiten concluir que la harina de gluten de maíz es una excelente alternativa para tilapia, mientras que en turbot solo puede reemplazar una tercera parte de la harina de pescado. Los resultados del presente estudio indicaron tanto en las dietas de 25% como de 40% de proteína una reducción del crecimiento conforme se incrementaba el nivel de inclusión de ésta

harina, lo que probablemente indica que no es una buena opción reemplazar la harina de pescado ni total ni parcialmente por harina de gluten de maíz en camarón blanco *L. vannamei* bajo las condiciones experimentales descritas. El consumo de alimento en las 10 semanas de cultivo no aumentó considerablemente, ya que la ración alimenticia era ajustada quincenalmente con base a la biomasa presente, y al no aumentar ésta la ración alimenticia se mantenía relativamente constante. De esta forma el crecimiento pudo ser afectado directamente por la menor ingesta de alimento, ya que a medida que se reemplazaba la harina de pescado disminuía el consumo de alimento lo que implica un consumo de proteína también bajo.

Entre los factores críticos para obtener las máximas tasas de ingestión que permitan cubrir los niveles de nutrientes requeridos y lograr un máximo crecimiento en los camarones están la atractabilidad, palatabilidad, textura y estabilidad en el agua especialmente si el alimento es suministrado con poca frecuencia (Cruz-Suarez, 1999). La palatabilidad (sabor, textura, talla y forma) del alimento determina que nutrientes están disponibles para la digestión (Lee y Meyers, 1996). Una pobre palatabilidad da como resultado un gran desperdicio de nutrientes y de alimento (lixiviación), incrementando la contaminación por alimento y heces durante un ensayo. Este factor puede ocasionar problemas en la determinación de la digestibilidad de una fuente proteica ya que la tasa de consumo afecta el tiempo de tránsito a través del tracto digestivo y la eficiencia relativa de las enzimas digestivas (Lee y Lawrence, 1997). En el presente estudio la pobre palatabilidad del gluten de maíz sería otra razón para el menor consumo de alimento y crecimiento observados. Cabe destacar que uno de los problemas adherentes al reemplazo de la harina de pescado por alguna fuente proteica

vegetal es la atractabilidad, los atractantes constituyen en los camarones un factor crítico ya que los animales localizan principalmente el alimento por olfato. Se presume que las especies acuícolas tienen receptores olfatorios o quimiorreceptores, parecidos a nuestros sentidos del olfato y el gusto, esos receptores actúan en forma diferente de acuerdo a su sensibilidad a varios estímulos, lo que indica que la atracción hacia un alimento no significa necesariamente que vaya a ser consumido. Los atractantes pueden ser aminoácidos libres, compuestos de amonio cuaternario, nucleósidos y nucleótidos, las fuentes proteicas son muy diferentes en la composición de sus atractantes, podemos tomar como ejemplo la harina de pescado que es rica en nucleótidos como el monofosfato de inosin y es deficiente en amonios cuaternarios como la betaína, al contrario de las harinas de invertebrados (Chamberlain, 1994). Muchos animales, vegetales, extractos y productos unicelulares tienen aminoácidos libres que los hacen atractivos aunque el perfil de aminoácidos cambie según su proveniencia.

La harina de gluten de maíz posiblemente no fue atractiva para el camarón pues su composición pudo ser deficiente en sustancias atractantes. Este problema podría ser atacado usando sustancias como las que en la actualidad se están elaborando para carnadas en la pesca o saborizantes sintéticos derivados de organismos acuáticos como los utilizados para consumo humano (Chamberlain, 1994). Solubles de animales marinos han sido utilizados en niveles de 1 a 5%, al igual que mezclas de aminoácidos sintéticos como: glicina, alanina, betaína, glutamato, cuando los costos lo permiten (Akiyama *et al.*, 1991), sin embargo esto no resolvería la baja digestibilidad de la harina de gluten de maíz. Este trabajo de investigación muestra que aunque, el crecimiento de

los camarones fue menor al aumentar el contenido de harina de gluten de maíz, las dietas con 40% de proteína mostraron mejores resultados en crecimiento.

Es importante resaltar que al finalizar el presente estudio los animales fueron sometidos a la prueba de PCR resultando positivos para IHNV (Virus de la necrosis hematopoyética e hipodérmica), que tiene como consecuencias poblaciones de camarones con un pobre crecimiento, conversión alimenticia baja, poca resistencia al estrés y mortalidades (Brock, 1990). Aunque probablemente los resultados obtenidos en crecimiento no estén alejados de los resultados que se pudieron haber obtenido con animales sanos ya que todos los camarones de los diferentes tratamientos se encontraban infectados.



4.6. BIOMASA GANADA

En lo que se refiere a biomasa ganada el comportamiento de los camarones alimentados fue el mismo que el observado en crecimiento, al aumentar la inclusión de harina de gluten de maíz, disminuyó la ganancia en biomasa de los animales. Masumoto *et al.* (1996) analizaron la disponibilidad de aminoácidos y la digestibilidad en pez cola amarilla (*Seriola quinqueradiata*) de algunas fuentes proteicas tales como harina de pescado pardo, caseína, harina de carne, proteína concentrada de soya, harina de gluten de maíz y harina de soya sin desgrasar, las cuales fueron incorporadas entre el 40 y 72% de la dieta como única fuente de proteína para producir dietas desde 30 hasta 36% de proteína cruda. Los resultados mostraron que la harina de gluten de maíz es la que

menores valores de disponibilidad de aminoácidos y digestibilidad mostró 46,8 y 49,7% respectivamente. En la misma especie Watanabe *et al.* (2001) probaron dietas en las cuales reemplazaron la harina de pescado por proteína concentrada de soya, harina de soya desgrasada, harina de gluten de maíz, harina de carne y harina de krill en diferentes tipos de pellet con o sin la complementación de los aminoácidos esenciales. En cuanto a crecimiento la dieta control, una dieta comercial para cola amarilla tuvo los mejores resultados en crecimiento y condiciones fisiológicas. Entre las dietas que no contenían harina de pescado las mejores fueron las que se complementaron con aminoácidos esenciales. La baja disponibilidad de aminoácidos y la pobre digestibilidad de la proteína podría ser tal vez el motivo de que las dietas utilizadas en esta investigación con *L. vannamei* no alcanzaron los resultados esperados tanto en crecimiento como biomasa ganada.

4.6. TASA DE INGESTIÓN



La determinación de un correcto balance proteína-energía, se logra con fuentes energéticas digestibles, para lo cual los lípidos proveen 2,25 veces mas energía por unidad de peso que las proteínas y los carbohidratos (Piper *et al.*, 1982), no obstante debe considerarse un nivel máximo de inclusión. La incorporación de lípidos en dietas para *Litopenaeus merguensis* sobre el 10% redujo la tasa de ingestión (Sedgwick, 1979), mientras que en *P. japonicus* niveles por encima de 15% disminuyeron el crecimiento (Teshima y Kanazawa, 1984), en el presente estudio el nivel de lípidos se mantuvo en 6% para los tratamientos con 25% de proteína y 8% para los de 40% de proteína.

El bio-ensayo de tasa de ingestión mostró un comportamiento diferente entre las dietas con 25% de proteína, comparadas con las de 40% de proteína. Este comportamiento mostró que las dietas que contenían harina de pescado en proporciones de 100, 80, 60, 40 y 20% tuvieron una tasa de ingestión estadísticamente similar en el nivel de 25% de proteína, lo que podría señalar que en este nivel la mezcla de harina de pescado y gluten de maíz resultó mas aceptable comparada con la ingestión obtenida para los mismos porcentajes de inclusión a un nivel de 40% de proteína. Esto puede ser explicado por que a un nivel de 25% de proteína, la cantidad de harina de gluten de maíz es menor a la presente en las dietas con 40% de proteína. Los camarones sostenidos con la dieta con total reemplazo de harina de pescado por gluten de maíz en ambos niveles de proteína (25a y 40a) tuvieron las menores tasas de ingestión de todo el bio-ensayo.

Koshio *et al.* (1993) observaron en *M. Japonicus* que el consumo de alimento no se afecta por el nivel proteico, no obstante la ingesta de proteína aumenta cuando se incrementan los niveles de este nutriente. Aranyakananda y Lawrence (1994) determinaron que la tasa de ingestión aumento al incluir en la dieta de juveniles *L. vannamei* un 2% de artemia liofilizada, con respecto a las dietas que no la contenían, ellos indican que la proteína es la limitante del consumo del alimento sin artemia liofilizada.

De los resultados de tasa de ingestión de el presente estudio se podría suponer que la relación proteína animal: proteína vegetal resultó mas atractiva para los camarones alimentados con las dietas de 25% de proteína, sin embargo a pesar de que estas dietas tuvieron un mayor consumo, este aumento no se vio reflejado en los resultados obtenidos en crecimiento.

Chen *et al.* (1985) observaron en tallas pequeñas de *L. vannamei*, buen crecimiento al alimentar con diferentes relaciones de proteína animal: proteína vegetal en la dieta. Resultados similares se obtuvieron en *L. vannamei* cuando la relación proteína animal: proteína vegetal fue de 2:1 y hasta 1:1 lo cual llevó a los autores a concluir que este camarón tiene la capacidad de utilizar tanto proteína animal como vegetal (Smith *et al.*, 1985).

Romero (1999), determinó que los menores crecimientos se presentaron al utilizar en las dietas un 20% de proteína y un 45% de carbohidratos, lo cual ocasionó que el animal comiera hasta saciarse pero no utilizara la proteína eficientemente en su crecimiento. El mismo autor, menciona que tal vez el *L. vannamei* puede habituarse al consumo de proteína vegetal pero no puede prescindir de la proteína animal, brindada en este caso por la harina de pescado, situación similar a la presentada en este trabajo.

Kikuchi (1999) probó harina de sangre, harina de gluten de maíz y carne congelada y deshidratada de mejillón azul en 8 dietas para juveniles de lenguado japonés (*Paralichthys olivaceus*) como sustitutos parciales de la harina de pescado, todos combinados con harina de soya desgrasada. Las dietas que contenían 25% de harina de soya en combinación con harina de sangre o harina de gluten de maíz mas el mejillón azul (reemplazo del 47 al 44% de la proteína de la harina de pescado) resultaron en un mejor crecimiento y utilización alimenticia sobre los demás grupos dietéticos ensayados y el grupo control, lo que indicó que aproximadamente el 45% de la proteína de la harina de pescado y el 40% de la dieta puede ser reemplazada por harina de soya

desgrasada (25%) en combinación con harina de sangre o harina de gluten de maíz (10%) mas la carne congelada y deshidratada de mejillón azul (5%) en dietas para juveniles de lenguado japonés. Como se puede notar en este estudio realizado por Kikuchi (1999) el reemplazo de la harina de pescado no fue total, estas dietas contenían aún un porcentaje relativamente alto de harina de pescado además de harina de mejillón, lo cual indica que se la puede reemplazar por mezclas de fuentes proteicas que no afecten la atractabilidad y palatabilidad del alimento lo que resultaría en un normal o similar consumo de las dietas que contienen harina de pescado. En este trabajo el bajo consumo de alimento pudo ser debido a la baja palatabilidad de la proteína contenida en el gluten de maíz y la ausencia de fuentes proteicas marinas con potencial poder atractivo. Un estudio realizado por Anggawati (1992) en *P. monodon* indicó que la palatabilidad y la estructura física de las dietas para camarón, afectan la ingestión y tienen un gran impacto en la nutrición de los mismos, por lo general la palatabilidad de un alimento lo encarece pues se hace necesario la utilización de ingredientes que sirvan de atractantes, lo que haría que el camarón detecte el alimento y sea consumido rápidamente mejorando así su eficiencia. Por otra parte Watanabe *et al.* (1992) determinaron que la palatabilidad y aceptabilidad de dietas para cola amarilla no se vió afectada por el reemplazo del 30% de la harina de pescado por harina de soya desgrasada, pero aunque el crecimiento no se afecte se debería ajustar el contenido de proteína y energía de las dietas. Mientras que para especies como el salmón Coho (Fowler, 1980; Ardnt *et al.*, 1999), salmón Chinook (Lowell, 1984) y trucha arcoiris (Jones, 1989) las dietas con harina de soya no son aceptadas a menos que se adicione algún ingrediente que mejore su palatabilidad. Para el caso de el bagre de canal, ésta especie encuentra la harina de soya altamente palatable (Robinson y Wilson, 1985). La

palatabilidad se mide por voluntaria ingestión del alimento (Ardnt *et al.*, 1999), la calidad de las dietas puede ser evaluada en términos de alimento ingerido además de la tasa de conversión alimenticia, tasa de crecimiento diaria, porcentaje de supervivencia, eficiencia de conversión de proteína. (Cho *et al.*, 1985).

En reproductores de *L. vannamei* se utilizó para aumentar la ingestión y estimular la maduración ovárica la inclusión de harina de artemia en las dietas (Wouters *et al.*, 2000).

Lim y Cuzon (1994) determinaron que la elaboración de una dieta no depende solamente de la mezcla de los ingredientes y de la formulación del contenido de proteína, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales sino también de la uniformidad y textura de la mezcla, la humedad así como la temperatura y tiempo de secado del alimento, además los ingredientes deben ser molidos y pasados a través de un tamiz de 500 μ antes de su preparación (Sudaryono *et al.*, 1999). Irwin *et al.* (2002) probó que el tamaño y la textura del alimento puede influir en la ingestión del mismo. En éste estudio el tamaño de la partícula del gluten de maíz pudo actuar como otro factor que influyera en cuanto al aprovechamiento de ésta proteína, ya que ésta harina presentó diferentes tamaños de partícula, lo que presumiblemente ocasionó que los camarones no consumieran esa parte del alimento o que estas porciones no sean metabolizadas por su sistema digestivo y sean excretadas en las heces.

Un estudio sobre las implicaciones nutricionales e histológicas del reemplazo parcial de la harina de pescado por harina de gluten de maíz y harina de carne y huesos en dietas

para dorada (*Sparus aurata*), fue realizado para evaluar crecimiento, eficiencia alimenticia y tasa de eficiencia de proteína. Ninguno de los parámetros mencionados fueron significativamente afectados por la fuente de proteína de la dieta ensayada. Así tampoco se encontraron diferencias en la composición proximal y análisis histológico de los peces al final del ensayo, el tejido muscular no mostró alteraciones en los peces que habían sido alimentados con un contenido mayor de harina de gluten de maíz. La digestibilidad aparente de la proteína en las dietas que contenían harina de gluten de maíz mostraron similares resultados que el control. Grandes cantidades de nitrógeno fueron excretadas conforme aumentó el nivel de inclusión de harina de carne y hueso y harina de gluten de maíz, siendo significativamente altos en el caso del 40% de sustitución por ambas fuentes proteicas (Robaina *et al.* 1997).

La harina de gluten de maíz fue utilizada también por Ballestrazzi *et al.* (1994) para probar el efecto del nivel de proteína en la dieta para crecimiento, composición del cuerpo, y excreción de amonio total y de fosfato reactivo en seabass (*Dicentrarchus labrax*). Se utilizaron 2 fuentes de proteína: harina de arenque y harina de arenque mas harina de gluten de maíz y 3 niveles de proteína 44, 49 y 54% de proteína cruda en base seca. El peso final fue afectado por el nivel de proteína mas no por la fuente proteica. En tanto que el nivel de excreción total de amonio se incrementó lineal y significativamente conforme el nivel de proteína aumentó en las dietas. Las dietas que contenían harina de gluten de maíz tuvieron una menor concentración de fosfato reactivo en el agua de los efluentes que las que contenían solo harina de arenque (55,1 versus 113,9 mg PO₄/kg/día).



Un estudio técnico en sistemas de recirculación para cultivo fue realizado por Tudor *et al.*(1996) para determinar en Tilapia la factibilidad económica de reemplazar la harina de pescado por análogos como la harina de gluten de maíz, residuos de gluten de maíz y granos destilados y secos procesados en el sitio de producción. Se formularon dietas de 32 y 36% de proteína cruda, las cuales cubrieron los requerimientos de aminoácidos del pez. No existieron diferencias significativas entre las dietas y el control en lo que se refiere a tasa de conversión alimenticia pero si en términos de costos de ganancia. Los costos de producción se vieron afectados por el volumen de alimento producido. Romero (2001) concluyó que para esta especie se podía emplear un máximo de 20% de inclusión de harina de gluten de maíz, un nivel superior no se justificaría por su alto costo y considerando además que éste pez es omnívoro lo que hace probable el uso de materias primas menos costosas y que incluyan en su perfil de aminoácidos la lisina, de la cual ésta harina carece.

Aunque la harina de gluten de maíz no se encuentra disponible en nuestro medio, sería una buena alternativa de reemplazo para la harina de pescado en dietas para peces y en alimentos para la acuicultura, por su contenido de proteína (60%) y debido a que su producción anual en Estados Unidos es de aproximadamente 1,2 millones TM a un precio de 380 dólares/TM, lo cual equivaldría a 633 dólares/TM de proteína (Hardy, 1999), sin embargo su uso en la alimentación de juveniles de camarón *L. vannamei* no resultó adecuada debido probablemente a su baja palatabilidad y el bajo crecimiento de los animales de los bio-ensayos.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



De los resultados obtenidos en este estudio podemos llegar a las siguientes conclusiones:

El nivel de inclusión no afecta la supervivencia de los camarones *L. vannamei*.

En términos de crecimiento la harina de gluten de maíz no reportó buenos resultados al reemplazar la harina de pescado tanto parcial como totalmente en dietas para *L. vannamei*, ya que al elevarse el nivel de inclusión de este ingrediente el crecimiento disminuyó, por ello es recomendable realizar más estudios acerca de esta fuente proteica, evaluando además de crecimiento, su digestibilidad.

En lo que se refiere a la tasa de ingestión se pudo apreciar que los camarones tuvieron mayor consumo de las dietas con 25% de proteína que aún contenían alguna porción de harina de pescado. De lo que se puede concluir que si el porcentaje de inclusión en la dieta es menor y aún contiene un ingrediente atractante en éste caso harina de pescado, ésta es consumida de mejor manera, por ello es recomendable elevar la palatabilidad y atractabilidad de las dietas para obtener un mayor consumo de las mismas por parte de los camarones.

Es importante recomendar que se realice un estudio que permita evaluar la biodisponibilidad de la harina de gluten de maíz en dietas para *L. vannamei*, utilizando

materias primas atractantes como complemento, para elevar la palatabilidad de las dietas haciéndolas mas aceptables para esta especie.

Otra recomendación importante es que al iniciar los bioensayos se realicen pruebas a los camarones que se van a utilizar para comprobar que se encuentren libres de enfermedades que afecten el desarrollo del trabajo investigativo; también es preciso dentro del ensayo mantener las condiciones optimas de los parámetros físicos para que estos factores no afecten el proceso de la investigación.



BIBLIOGRAFÍA

1. ANGGAWATI A. M. 1992. Fish protein in juvenile Tiger shrimp diets. Feed Magazine. 22-24.
2. ALLAN G. L., PARKINSON S., BOOTH M. A., STONE D. A. J., ROWLAND S. J., FRANCES J. Y WARMER-SMITH R. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. Aquaculture 186: 293-310.
3. AKIYAMA D. M., 1991. Soybean meal utilization by marine shrimp. En: Dean M. Akiyama and Ronnie K. H. Tan (Editors), Proceeding of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. American Soybean Association. Singapore. pp.207-214.
4. AKIYAMA D.M., DOMINI W. G. Y LAWRENCE A. L. 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: Proceedings of the Aquaculture feed processing and Nutrition workshop. Akiyama D. M. y Tan R. K.H. (Eds) American Soybean Association. Singapore pp 80-98.
5. ARANYAKANANDA P. Y LAWRENCE A. L. 1994. Effects of ingestion rate on dietary protein and energy requirements of *Litopenaeus vannamei* and the optimal protein to energy ratio. En: Memorias del Segundo Simposium de

Nutrición Acuícola. Monterrey N.L -Mexico., R. Mendoza, L. E. Cruz-Suarez y D. Ricque (Eds).

6. ARANYAKANANDA P. Y LAWRENCE A. L. 1993. Dietary protein and energy requirements of the white-legged shrimp, *Penaeus vannamei*, and the optimal protein to energy ratio. Discovery to Commercialization. European Aquaculture Soc., Oostende - Bélgica. p. 21.
7. ARDNT R. E., HARDY R. W., SUGIURA S. H. Y DONG F. 1999. Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy deffated flour in feeds for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Aquaculture 180: 129-145.
8. BALLESTRAZZI R., LANARI D., D'AGARO E Y MION A. 1994. The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 127: 197-206.
9. BERGE G. M., GRISDALE-HELLAND B. Y HELLAND S. J. 1999. Soy protein concentrate in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). Aquaculture 178: 139-148.



10. BROCK J. A. 1990. Manual de enfermedades. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marina y Ciencias del Mar. Proyecto: Optimización del cultivo de larvas de camarón “ocular”.
11. CAMBA E., PEDRAZZOLI A., YAGUACHI M. Y AKIYAMA T. 1993. Requerimientos de proteína en dietas artificiales para juveniles *Litopenaeus vannamei*. *Acuicultura Tropical* 1: 7-12.
12. CARVER L. A., AKIYAMA D. M. Y DOMINY W. G. 1989. Processing of wet shrimp heads and squid viscera with soy meal by a dry extrusion process. *ASA Tech. Bull.* 3, 777 Craig road, St. Louis, MO, USA. AQ16, 89-4.
13. COLVIN L. B. Y BRAND C. W. 1977. The protein requirement of penaeid shrimp at various life cycle stages in controlled environment systems. *Proc. World Maric. Soc.* 8: 821-840.
14. CRUZ-SUAREZ L. E. 2001. Kelps, un excelente aditivo, attractante, aglutinante y texturizante, con propiedades inmunoestimulantes. *Panorama Acuícola.* 6(2): 42-45.
15. CHAMBERLAIN G. W. 1994 Investigación de frontera en nutrición acuícola. *Memorias del Segundo Simposium de Nutrición Acuícola.* Monterrey N.L - México., R. Mendoza, L. E. Cruz-Suarez y D. Ricque (Eds). 27-43

16. CHEN H. Y., ZEIN-ELDIN Z. P. Y ALDRICH D. V. 1985. Combined effects of shrimp size and dietary protein source on growth of *Litopenaeun setiferus* and *L. vannamei*. *Journal of World Mariculture Society* 16: 288-296.
17. CHO C. Y., HYNES J. D., WOOD K. R. Y YOSHIDA H. K. 1994. Development of high-nutrient-dense, low pollution diets and prediction of Aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture* 124: 293-305.
18. CHO C. Y., COWEY C. B. Y WATANABE T. 1985. Finfish nutrition in Asia: Methodological Approaches to Research and Development. IDRC. Ottawa - Ontario.
19. DAVIS D. A. Y ARNOLD C. R. 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 185: 291-298.
20. DEGANI G., YEHUDA Y. Y VIOLA S. 1997. The digestibility of nutrient sources for common carp, *Ciprinus carpio* Linnaeus. *Aquaculture Research* 28: 575-580.
21. EUSEBIO P. S. 1991. Effect of dehulling on the nutritive value of some leguminous seeds as protein sources for tiger prawn, *Peneus monodon* juveniles. *Aquaculture* 99: 297-308.



22. EUSEBIO P. Y COLOSO R. 1998. Evaluation of leguminous seed meals and leaf meals as a plant protein sources in diets for juvenile *Penaeus indicus*. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidesh 50(2): 47-54.
23. FOWLER L. G. 1980. Substitution of soybean meal and cottonseed meal products for fish meal in diets fed to chinook and coho salmon. Prog. Fish. Cult. 42: 87-91.
24. GARZA F. J. 1998. Efectos de la temperatura y salinidad sobre el crecimiento, consumo de alimento y sobrevivencia de post larvas de *Litopenaeus vannamei* (BOONE 1931). Tesis de grado. Universidad Autonoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Mazatlan, Sinaloa - Mexico.
25. GILL C. 1996. World feed panorama: more growth in key countries of Asia and Latin America. Feed International 17 (1): 4-5.
26. GILL C. 1997. World feed panorama: high cost of feedstuffs: global impact, response. Feed International 18(1): 6-16.
27. GUILLAUME J. 1997. Protein and amino acids. En: D'Abramo L. R., Conklin D. E. y Akiyama (Eds). Crustacean Nutrition. World Aquaculture Society, Baton Rouge, L. A. p.26-50.



28. HARDY R. W. 1989. Diet preparation. Fuente: Halver J. E. (Ed). Fish Nutrition. Academic Press Inc. 79pp.
29. HARDY R. W. 1999. Perspectivas del alimento balanceado para camarón. Panorama Acuicola 4 (5). Julio / agosto 99. pp 12-14.
30. HARDY R. W. 2001. Nuevos descubrimientos en ingredientes de alimento para uso acuícola y el potencial de las enzimas suplementarias. En Panorama Acuicola Enero / febrero del 2001. Vol. 6, No. 2. pag. 24-25.
31. HUGHES S. 1990. Feather meal can displace fishmeal in aquaculture rations. Feed Int. 15: 13-15.
32. IRWIN S., O'HALLORAN J., FITZGERALD R. D. 2002. Mouth morphology and behavioural responses of cultured turbot towards food pellet of different sizes and moisture content. Aquaculture 205: 77-88.
33. JONES K. A. 1989. The palatability of aminoacids and related compounds to rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Biol. 34:149-160.
34. KIKUCHI K. 1999. Use of deffated soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture 131: 3-11.



35. KINNE, O. 1971. Marine Ecology: A comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans
36. KOSHIO S., TESHIMA S., KANAZAWA A. Y WATASE T. 1993. The effect of dietary protein content to growth, digestion efficiency and nitrogen excretion of juvenile kuruma prawn, *Penaeus japonicus*. Aquaculture 133: 101-114.
37. KURESHY N. Y DAVIS D. A. 2002. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 204: 125-143.
38. LEE P. G. Y LAWRENCE A. L. 1997. Digestibility. En: D'Abramo L. R., Conklin D. E. y Akiyama D. M. (Eds). Crustacean Nutrition, Advances in World Nutrition, Volume 6, World Aquaculture Society. 194-260.
39. LEE P. G. Y MEYERS S.P. 1996. Chemoattraction and feeding stimulation in Crustacea. Aquaculture Nutrition 2: 157-164.
40. LEE P. G. Y MEYERS S. P. 1997. Chemoattraction and feeding stimulation. En: D'Abramo L. R., Conklin D. E. y Akiyama D. M. (Eds). Crustacean Nutrition, Advances in World Nutrition, Volume 6, World Aquaculture Society. 292-352.

41. LIM C. 1996. Substitution of cottonseed meal for marine animal protein in diets for *Penaeus vannamei*. J. World Aquacut. Soc. 27: 402-409.
42. LIM C. Y CUZÓN G. 1994. Water stability of shrimp pellet: a review. Asian Fisheries Science 7: 115-127.
43. LIM C. Y DOMINY W. 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture 87: 53-63.
44. LOWELL R. T. 1984. Use of soybean meal products in diets for aquaculture species. Animal Nutrition Research Highlights. American Soybean Association. St. Louis Missouri.
45. MASUMOTO T., RUCHIMAT T., ITO Y., HOSOKAWA H. Y SHIMENO S. 1996. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). Aquaculture 146: 109-119.
46. MENDOZA R., DE DIOS A., VAZQUEZ C., CRUZ E., RICQUE D., AGUILERA C. Y MONTEMAYOR J. 2001. Fishmeal replacement with feather-enzymatic hydrolyzates co-extruded with soybean meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture Nutrition 7: 143-151.



47. NEWELL R.C. 1976. Adaptation to environment. Essays on the physiology of marine animals. Butterworths, Londres. 539pp
48. and Coastal Waters, Vol. 1, Part 1, N.Y. 427p
49. PEDRAZZOLI A., MOLINA C., MONTOYA N., TOWNSEND S., LEÓN-HING A., PAREDES Y. Y CALDERÓN J. 1998. Recent advances on Nutrition Research of *Penaeus vannamei* in Ecuador. Reviews in Fisheries Science 6: 143-151.
50. PENAFLOREDA V. D.Y. 1995. growth and survival of juvenile tiger shrimp fed diets where fish meal is partially replaced with papaya (*Carica papaya* L) or camote (*Ipomea batatas* Lam) leaf meal. Israeli J. Aquacult. - Bamindgesh, 47: 25-33.
51. PIPER R. G., MCELWAIN I. B., ORME L. E., MCCRAREN J. P., FOWLER L. G. Y LEONARD J. R. 1982. Fish Hatchery Management. Department of the interior U. S. Fish and Wildlife Service. 208-260.
52. PIEDAD-PASCUAL F., CRUZ E. M. Y SUMALANGCAY A. JR. 1990. Supplemental feeding of *Penaeus monodon* juveniles with diets containing various levels of defatted soybean meal. Aquaculture 89: 183-191.
53. RABOBANK NEDERLAND. 1995. The compound feed industry. Utrecht, Rabobank International. 59p.



54. REGOST C., ARZEL J. Y KAUSHIK S. 1999. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*. 180: 99-117.
55. RISTIC M., RADENKOVIC B., FILIPOVIC S., SALAC M., RADANOV-PELAGIC V. Y DORDEVIC M. 1999. protein meal obtained from small fish by extrusion. *Acta veterinaria (Beograd)* 49(1): 57-64.
56. ROBAINA L., MOYANO F. J., IZQUIERDO M. S., SOCORRO J, VERGARA J. M. Y MONTERO D. 1997. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead se bream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture* 157: 347-359.
57. ROBINSON E. H. Y LI M. H. 1996. A practical guide to nutrition, feeds, and feeding of catfish. Mississippi Agricultural and forestry Experiment Station, Mississippi State, MS, Bulletin 1041.
58. ROBINSON E. H. Y WILSON R. P. 1985. Nutrition and feeding in "Channel fish culture" (Ed. by C. S. Tucker) Elsevier Science Publisher. Amsterdam.
59. ROMERO I. D. 1999. Efecto del balance proteína / energía en dietas para camarones juveniles *Litopenaeus vannamei*. Tesis de grado. Universidad de

Ciencias Aplicadas y Ambientales. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Zootecnia. Santa Fé de Bogotá, D. C. Colombia.

60. ROMERO-COELHO S. 2001. Nutrición en tilapia: Un campo que se tecnifica. En Acuicultura del Ecuador. Abril/ mayo del 2001. No. 42. pag. 25-36.
61. SALVAT. 1989. Cultivos básicos: los cereales. Gran Enciclopedia Didáctica Ilustrada. Salvat Editores de México S.A. Tomo 5: 56-57.
62. SEDGWICK R. W. 1979. Influence of dietary protein and energy on growth, food consumption and food conversion efficiency in *Litopenaeus merguensis* de Man. Aquaculture 16: 7-30.
63. SKONBERG D. HARDY R. W., BARROW F. T. Y DONG F. M. 1998. Color and flavor analyses of filets from farm-raised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low phosphorus feeds containing corn or wheat gluten. Aquaculture 166: 269-277.
64. SMITH L. L., LEE P. G., LAWRENCE A. L. Y STRAWN K. 1985. Growth and digestibility by three sizes of *Penaeus vannamei* Boone: effects of dietary protein level and protein source. Aquaculture 46: 85-96.



65. SMITH D. M., TABRETT S. J. Y SARAC H. Z. 1999. Fishmeal replacement in the diet of prawn *Penaeus monodon*. Book of Abstract. World Aquaculture Society. Australia. p. 707.
66. SMITH D. M., ALLAN G. L., WILLIAMS K. C. Y BARLOW C. G. 2001. Reemplazos para la harina de pescado. En Panorama Acuícola Enero / febrero del 2001. Vol. 6, No. 2. pag. 14-16.
67. SUDARYONO A., TSEVETNENKO E., HUTABARAT J., SUPRIHARYONO Y EVANS L. H. 1999. Lupin ingredients in shrimp (*Penaeus monodon*) diets: Influence of lupin species and types of meals. *Aquaculture* 171: 121-133.
68. SUDARYONO A., HOXEY M. J., KAILIS S. G. Y EVANS L. H. 1995. Investigation of alternative protein sources in practical diets for juvenile shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 134: 313-323.
69. SUDARYONO A., TSVETNENKO E. Y EVANS L. 1996. Digestibility studies on fisheries by-product based diets for *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 143: 331-340.
70. SUDARYONO A., TSVETNENKO E., HUTABARAK J. Y EVANS L. H. 1999. Lupin ingredients in shrimp (*Penaeus monodon*) diets: influence of lupin species and types of meals. *Aquaculture* 177: 121-133.



77. TUDOR K. W., ROSATI R. R., O'ROUKE P., WU V., SESSA D. Y BROWN P. 1996. Technical and economical feasibility of farm fish feed production using fishmeal's analogs. *Aquaculture Engineering* 15: 53-65.
78. WATANABE T., VIYAKARN V., KIMURA H., OGAWA K., OKAMOTO N. E ISO N. 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58: 1761-1773.
79. WATANABE T. PONGMANEERAT J., SATO S. Y TAKEUCHI T. 1993. Replacement of fish meal by alternative protein sources in Rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 (9), 1573-1579.
80. WATANABE T., AOKI H., WATANABE K., MAITA M., YAMAGATA Y. Y SATOH S. 2001. Quality evaluation of different types of non-fish meal diets for yellowtail. *Fisheries Science* 67: 461-469.
81. WOOTTON R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall, N. K. U.S.A.:117-158
82. WOUTERS R., ZAMBRANO B., MENDOZA S., ESPIN M. Y LAVENS P. 2000. Ensayos con una dieta artificial de maduración basada en harina de Artemia. *El mundo Acuícola* 6(1): 17-20.

71. TACON A. G. J. 1996. Global trends in aquaculture and aquafeed production. En International milling Directory 1996. Uxbridge, Turret-RAI.
72. TACON A. G. J. 2002. Aquafeeds and feeding strategies. En: FAO Fisheries Department of the State of World Aquaculture AQUAFEEDS AND FEEDING STRATEGIES. URL: <http://www.fao.org/docrep/003/w7499e/w7499e16.htm>
73. TACON A. G. J. Y AKIYAMA D. M. 1997. Feed ingredients. En: D'Abramo L. R., Conklin D. E. y Akiyama D. M. (Eds). Crustacean Nutrition, Advances in World Nutrition, Volume 6, World Aquaculture Society. 411-472.
74. TACON A. G. J. Y BARG U. C. 1998. Major challenges to feed development for marine and diadromous finfish and crustacean species. De Silva, S. S. (Ed.), Tropical Mariculture. Academic Press, San Diego, CA, USA. 171-208.
75. TESHIMA S. Y KANAZAWA A. 1984. Effects of protein, lipid and Carbohydrate levels in purified diets on growth and survival rates of the prawn larvae. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 50(10): 1709-1715.
76. TIDWELL J. H., WEBSTER C. D., YANCEY D. H. Y D'ABRAMO. 1993. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and distillers' by-products in diets for pond culture of the freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Aquaculture 118: 119-130.

83. WU Y., ROSATI R., SESSA D. Y BROWN P. 1995. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in tilapia diets. J. Agric. Food Chem. 4: 1585-1588.
84. URL: www.csc-world.com/corn gluten.asp
85. URL: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X8002S/x8002S04.htm>
86. URL: <http://www.fao.org/docrep/003/w7499e/w7499e05.htm>
87. URL: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afri/es/data/549.htm>
88. URL: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afri/espanol/document/tfeed8/data/19.htm>
89. URL: <http://www.fis.com/snp/harina.htm>
90. URL: http://www.sica.gov.ec/cadenas/maiz/docs/estadistica_mundial_2001a.htm
91. URL: www.williamsbioenergy.com/images/pdfs/coprod/MEAL.pdf

