

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS DE CAMARON COEXTRUIDOS  
CON PASTA DE SOYA COMO INGREDIENTE EN DIETAS BALANCEADAS  
PARA CAMARON *Penaeus vannamei*.

**T E S I S**

Que como requisito parcial para obtener el  
grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en  
**RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA**

**P R E S E N T A**

**ING. ALMA LAURA MELO DEL ANGEL**

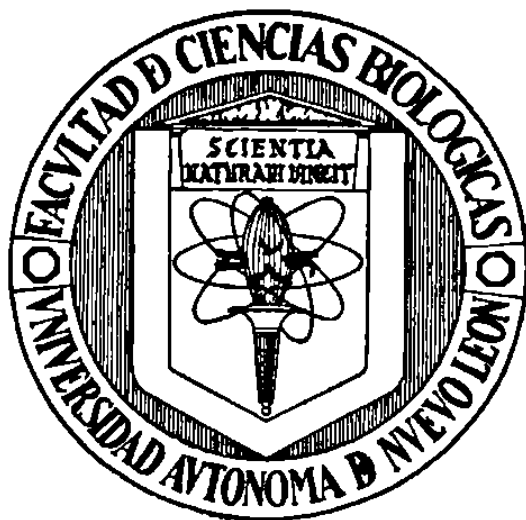
SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.

ENERO DE 1997





**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS DE CAMARON COEXTRUIDOS CON  
PASTA DE SOYA COMO INGREDIENTE EN DIETAS BALANCEADAS  
PARA CAMARON *Penaeus vannamei*.**

**TESIS**

**Que como requisito parcial para obtener el  
grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en  
RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCIÓN ACUÍCOLA**

**PRESENTA**

**ING. ALMA LAURA MELO DEL ANGEL**

TM  
SH 380  
MM



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS DE CAMARON COEXTRUIDOS CON  
PASTA DE SOYA COMO INGREDIENTE EN DIETAS BALANCEADAS  
PARA CAMARON *Penaeus vannamei*.**

**TESIS**

**Que como requisito parcial para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias con Especialidad en  
Recursos Alimenticios y Producción Acuícola**

**PRESENTA**

**ING. ALMA LAURA MELO DEL ANGEL**

**H. COMISION DE TESIS**

---

**DR. DENIS RICQUE-MARIE.  
PRESIDENTE Y DIRECTOR**

---

**DRA. L. ELIZABETH CRUZ SUAREZ  
SECRETARIO Y CO-DIRECTOR**

---

**M.C. GRACIELA GARCIA DIAZ  
VOCAL**

---

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Denis Ricque y la Dra. Elizabeth Cruz Suárez por la valiosa dirección en la realización de este trabajo, y por transmitirme su entusiasmo para seguir siempre hacia adelante, pero sobre todo por su amistad y por haber hecho mi estancia en Monterrey más agradable.

A la M.C Graciela García por brindarme su apoyo incondicional y por su amistad, así como también a todos los maestros que me transmitieron sus conocimientos durante la Maestría.

A CONACYT por su apoyo económico durante Agosto de 1993 a Julio de 1995 y por el apoyo al proyecto No. 1532P-B9507

A Rectoría por el otorgamiento de una beca tesis para la realización de este trabajo.

A la empresa ACUATAM, S.A. de C.V. por donarme las larvas y subproductos de camarón para la realización de este trabajo.

A los M.C Pablo San Martín, Jesús Montemayor y Carlos Aguilera por brindarme su amistad, ayuda incondicional y orientarme profesionalmente al inicio y durante toda la Maestría y en mi estancia en Monterrey.

Al M.C. Mario Pelcastre por ser el mejor compañero de generación y por hacer menos dura la carga durante la realización de los coextruidos.

Al M.C. Ia. G. Medellín por ser una excelente amiga, por ayudarme al inicio, durante y después de mi estancia en Monterrey, siempre te estaré agradecida.

A Adriana García, por darme su amistad y ser un ejemplo a seguir por trabajar y tener ánimos para seguir estudiando, sin decaer en los momentos más difíciles.

A mis compañeros y amigos del laboratorio de Maricultura: Mireya Tapia, Martha Nieto, Beatriz Ponce, David Montaña, Oscar Loaiza, Daniel Iruegas, Alejandra Rocha, Martín Camarena, Adrián Salgado.

---

---

## **DEDICATORIA ESPECIAL**

### **A TOÑO**

Por toda la comprensión que me haz brindado, por la paciencia y espera durante los años que pasamos lejos, por ayudarme siempre en las buenas y en las malas, aún estando a miles de kilómetros de distancia, por tratar de estar siempre mas cerca de mi y apoyarme aun a veces en contra de tu voluntad, por todos los momentos bonitos que hemos vivido y por ayudarme a terminar lo empezado. Eres el hombre mas especial en mi vida.

♥ TE AMO.

---



---

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

#### **VICTORIO MELO N. Y TIMOTEA D. DEL ANGEL R.**

Por haberme dado el Don de la vida, por ser el mejor ejemplo de lucha constante hacia la superación, por dejarme volar al permitirme salir de casa para realizar mis sueños y anhelos, siempre bajo su cálida y cariñosa protección, pero sobre todo por tener plena confianza en mi, espero no defraudarlos nunca. Gracias por ser mis mejores amigos.

### **A MIS HERMANOS**

#### **NORA MARTHA, VICTOR EDUARDO Y ALFA OLIVIA.**

Por darme siempre ánimos para seguir adelante estando lejos de casa, y por ser mis amigos

---

---

**INDICE**

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
<b>USO DE EXTRUSION EN ALIMENTOS ACUÍCOLAS .....</b>	<b>3</b>
<b>UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS DE CAMARÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>UTILIZACION DE COEXTRUIDOS A BASE DE SUBPRODUCTOS DE DESECHOS ACUICOLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES.....</b>	<b>7</b>
<b>MATERIAL Y METODOS .....</b>	<b>8</b>
<b>OBTENCION Y PROCESO DE SUBPRODUCTOS DE CAMARON.....</b>	<b>8</b>
<b>OBTENCION DE HARINA DE CAMARÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>COEXTRUIDOS .....</b>	<b>8</b>
<b>COEXTRUIDO SENCILLO.....</b>	<b>9</b>
<b>COEXTRUIDO DOBLE.....</b>	<b>10</b>
<b>ANALISIS QUIMICO DE INGREDIENTES.....</b>	<b>10</b>
<b>DIETAS EXPERIMENTALES .....</b>	<b>11</b>
<b>FORMULACION Y COMPOSICION DE DIETAS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>11</b>
<b>PREPARACION DE DIETAS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>12</b>
<b>ANALISIS DE DIETAS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>12</b>
<b>DESCRIPCION DE LA SALA DE BIOENSAYOS.....</b>	<b>13</b>
<b>CARACTERISTICAS DE LOS ORGANISMOS EXPERIMENTALES .....</b>	<b>13</b>
<b>DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>14</b>
<b>EVALUACION BIOLÓGICA .....</b>	<b>15</b>
<b>ANALISIS ESTADISTICO.....</b>	<b>15</b>
<b>Primer bioensayo:.....</b>	<b>15</b>
<b>Segundo bioensayo: .....</b>	<b>16</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
<b>COEXTRUIDOS .....</b>	<b>17</b>
<b>MEZCLAS.....</b>	<b>17</b>
<b>PARAMETROS DE PROCESAMIENTO DE LOS COEXTRUIDOS .....</b>	<b>17</b>
<b>COMPOSICION PROXIMAL Y PERDIDA DE HUMEDAD DE LOS COEXTRUIDOS.....</b>	<b>18</b>
<b>COEXTRUIDO SENCILLO .....</b>	<b>18</b>
<b>COEXTRUIDO DOBLE .....</b>	<b>19</b>
<b>ANALISIS DE SOLUBILIDAD DE PROTEINA EN COEXTRUIDOS Y SUS COMPONENTES.....</b>	<b>20</b>

DIETAS .....	21
<i>ANALISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES</i> .....	21
<i>ESTABILIDAD DE LAS DIETAS EN EL AGUA</i> .....	22
EVALUACION BIOLOGICA .....	23
<i>PRIMER BIOENSAYO</i> .....	23
Efecto del proceso (sin extruir y coextruido sencillo) y de la inclusión o no de subproductos de camarón (0% y 4.21%) .....	23
Efecto del proceso (sin extruir y coextruido doble) y del porcentaje de inclusión de subproducto de camarón (4.1% y 8%).....	28
<i>SEGUNDO BIOENSAYO</i> .....	33
<b>DISCUSIONES</b> .....	<b>36</b>
COEXTRUIDOS .....	36
<i>TEMPERATURA, AMPERAJE Y HUMEDAD</i> .....	36
<i>COMPOSICION BROMATOLOGICA DE COEXTRUIDOS Y SUS COMPONENTES</i> .....	37
DIETAS .....	39
EVALUACION BIOLOGICA .....	40
<i>PRIMER BIOENSAYO</i> .....	40
<i>SEGUNDO BIOENSAYO</i> .....	41
EVALUACION ECONOMICA DE COEXTRUIDOS.....	42
<i>COSTO POR PROCESO DE EXTRUSION</i> .....	42
<i>COSTO DE COEXTRUIDOS</i> .....	42
<i>COSTO TOTAL DE DIETAS</i> .....	43
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>47</b>
<b>LITERATURA CONSULTADA Y NO CITADA EN EL TEXTO</b> .....	<b>51</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>53</b>
ANEXO # 1.- METODO PARA DETERMINAR LA SOLUBILIDAD DE LA HARINA DE SOYA.....	53
ANEXO # 2.- DETERMINACION DE PROTEINAS SOLUBLES (METODO DE KJELDAHL) .....	54
ANEXO # 3.- CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL COSTO DE LOS COEXTRUIDOS, TOMANDO EN CUENTA LA MERMA POR HUMEDAD. ....	55
ANEXO # 4.- PRECIOS DE MATERIAS PRIMAS Y PROVEDORES .....	56

---

**INDICE DE TABLAS**

Tabla # 1.-Composición de dietas experimentales (base húmeda). .....	11
Tabla # 2.-Diagrama del diseño experimental .....	14
Tabla # 3.-Contenido de humedad del coextruido sencillo.....	18
Tabla # 4.-Análisis bromatológico de los 3 replicados del coextruido sencillo (en base seca)19	
Tabla # 5.-Contenido de humedad del coextruido doble .....	19
Tabla # 6.-Análisis bromatológico de los 3 replicados del coextruido doble (en base seca)... 19	
Tabla # 7.-Recapitulación del análisis proximal de los coextruidos e ingredientes (en base seca).....	20
Tabla # 8.-Solubilidad de proteína en hidróxido de potasio (base seca).....	20
Tabla # 9.-Solubilidad de proteína en agua (base seca). .....	21
Tabla # 10.-Análisis de las dietas experimentales (base húmeda).....	21
Tabla # 11.-Resultados promedio de la tasa de sobrevivencia durante el primer bioensayo (dietas 1, 2, 3, y 4).....	24
Tabla # 12.-Resultados promedio de la tasa de crecimiento durante el primer bioensayo (dietas 1, 2, 3, y 4).....	25
Tabla # 13.-Resultados promedio del consumo de alimento durante el primer bioensayo (dietas 1, 2, 3, y 4).....	26
Tabla # 14.-Resultados promedio de la tasa de conversión alimenticia durante el primer bioensayo. (dietas 1, 2, 3, y 4).....	27
Tabla # 15.-Resultados promedio de la tasa de sobrevivencia durante el primer bioensayo (dietas 3, 5, 6 y 7).....	29
Tabla # 16.-Resultados promedio de la tasa de crecimiento durante el primer bioensayo (dietas 3, 5, 6 y 7).....	30
Tabla # 17.-Resultados promedio del consumo de alimento durante el primer bioensayo (dietas 3, 5, 6 y 7).....	31
Tabla # 18.-Resultados promedio de la tasa de conversión alimenticia durante el primer bioensayo. (dietas 3, 5, 6 y 7).....	32
Tabla # 19.-Resultados promedio de la evaluación biológica del segundo bioensayo. ....	33
Tabla # 20.- Costo de coextruidos .....	43
Tabla # 21.- Costo total de dietas y costo por Kg. de camarón producido. ....	43

---

**INDICE DE FIGURAS**

Fig. # 1.-Configuración del tornillo en el barril del extrusor, secuencia de los candados de presión. ....	9
Fig. # 2.-Gráfica de la variación en amperaje y temperatura de los tres replicados en la elaboración del coextruido sencillo.....	17
Fig. # 3.-Gráfica de la variación en amperaje y temperatura de los tres replicados en la elaboración del coextruido doble. ....	18
Fig. # 4.- Estabilidad de las dietas por una hora a 28°C, 35 % de salinidad.....	22
Fig. # 5.-Tasa de sobrevivencia a los 14 y 28 días (dietas 1, 2, 3 y 4).....	24
Fig. # 6.-Tasa de crecimiento a los 14 y 28 días (dietas 1, 2, 3 y 4).....	25
Fig. # 7.-Consumo de alimento a los 14 y 28 días (dietas 1, 2, 3 y 4).....	26
Fig. # 8.-Tasa de conversión alimenticia a los 14 y 28 días (dietas 1, 2, 3 y 4) .....	27
Fig. # 9.-Tasa de sobrevivencia a los 14 y 28 días (dietas 3, 5, 6 y 7).....	29
Fig. # 10.-Tasa de crecimiento a los 14 y 28 días (dietas 3, 5, 6 y 7).....	30
Fig. # 11.-Consumo de alimento a los 14 y 28 días (dietas 3, 5, 6 y 7).....	31
Fig. # 12.-Tasa de conversión alimenticia a los 14 y 28 días (dietas 3, 5, 6 y 7). ....	32
Fig. # 13.-Tasa de sobrevivencia del segundo bioensayo a los 21 días (dietas 1, 3, 6 y 7) .....	34
Fig. # 14.-Tasa de crecimiento del segundo bioensayo a los 21 días (dietas 1, 3, 6 y 7) .....	34
Fig. # 15.-Consumo de alimento del segundo bioensayo a los 21 días (dietas 1, 3, 6 y 7) .....	35
Fig. # 16.-Tasa de conversión alimenticia del segundo bioensayo a los 21 días (dietas 1, 3, 6 y 7) .....	35

---

## INTRODUCCION

La camaronicultura en México representa una actividad de alto potencial económico y productivo cuya práctica masiva y comercial inició en nuestro país hace escasos 10 años; actualmente esta actividad está constituida por cerca de 20,000 hectáreas de estanquería que producen alrededor de 15,000 Ton. de camarón anualmente, significando el 8% del potencial estimado.

En toda actividad productiva en donde participan organismos vivos, no se está exento de la presencia de enfermedades o de problemas sanitarios y de manejo, por lo que la camaronicultura demanda también el desarrollo colateral de las industrias farmacéutica, de genética, de alimentos balanceados, de equipos eléctricos y de hidráulicos, además de presentar una demanda de personal técnico y administrativo altamente calificado.

Por otra parte el incremento en el costo tanto de proteínas animales como vegetales, hace necesaria la exploración de fuentes nutricionales alternas, proteínas baratas para alimento de consumo animal. Estas proteínas pueden ser proporcionadas por los subproductos de la industria del procesado comercial de pescados y mariscos (Dominy y Lim, 1991).

La industria de camarón de cultivo, a través de varias operaciones de procesado, produce una gran cantidad de subproductos altamente contaminantes y potencialmente recuperables como son las cabezas de camarón. Las cabezas de camarón seco son usadas principalmente como componentes potenciales de sabor y atractantes en dietas balanceadas para algunos organismos acuáticos. También sirven como una fuente potencial de materia prima para la producción de muchos productos con valor agregado; estos productos incluyen a la quitina (quitosan), pigmentos carotenoides y saborizantes (Naczak y Shahidi, 1989)

Los desechos de plantas procesadoras se han convertido en el mayor problema por las restricciones ambientales y por el reforzamiento de leyes que prohíben la descarga al océano. La aplicación de la tecnología de extrusión en el reciclamiento de los subproductos, mezclados con soya, puede ayudar no solo a eliminar el problema de descarga de desechos de las plantas procesadoras, sino también a crear un ingrediente con valor agregado para

---

alimento Acuícola, ya que estos contienen cantidades considerables de nutrientes esenciales y valiosos para camarón y otras especies acuícolas; por lo tanto, la coextrusión de un subproducto marino húmedo con soya, crea un ingrediente proteico de alta calidad y barato, además ambientalmente benéfico y económico (Carver et al.,1989).

En el presente estudio, se presenta una alternativa para las granjas de cultivo de camarón que llevan su producto a plantas procesadoras y para los pescadores de altamar quienes tiran los desechos al mar. Esta alternativa puede presentar un ingreso extra procesando los desechos por medio de la extrusión en seco.

---

## ANTECEDENTES

### USO DE EXTRUSION EN ALIMENTOS ACUÍCOLAS

La extrusión es un proceso que combina diversas operaciones unitarias como el mezclado, la cocción, el amasado y el moldeo (Fellows, 1994). El proceso se realiza en un periodo de 26 a 30 seg. (Carver et al., 1989.; Kiang 1990) por lo que minimiza el daño que por el calor generado pueda causar a las proteínas y vitaminas de los ingredientes procesados (Carver et al., 1989, Woodroffe ,1993).

El proceso de extrusión alcanza temperaturas tan altas como 200°C, pero el tiempo en el que permanece el material a esas temperaturas es muy corto (5 a 10 seg.). Estas altas temperaturas y tiempo corto del proceso, aumenta los beneficios de los alimentos (mejora la digestibilidad y la pasteurización) y disminuye los defectos detrimentales de la destrucción de nutrientes (Rokey y Huber, sin año).

El proceso de extrusión tiene dos ventajas principales: mejorar la digestibilidad del ingrediente alterando los componentes de las proteínas, el almidón y la grasa, y la desactivación por calor de factores antinutricionales como son los inhibidores de tripsina (Kiang, 1990).

Un contenido de humedad de 22 a 28% durante la extrusión permite alta capacidad, incrementando la retención de nutrientes y mejor definición del producto. Este sistema requiere un secado después de la extrusión para reducir la humedad del producto a 10%. Sin embargo, diversos estudios indican que la alta humedad del producto más el secado es el proceso más eficiente para la producción de alimentos acuáticos, mejorando la calidad del producto y reduciendo los costos de operación y mantenimiento (Hauck, 1991 citado por Rokey y Huber, sin año; Goldhor et al, 1989).

Por su amplia versatilidad, la extrusión se ha convertido en un proceso muy usado en la elaboración de alimentos acuícolas, ya sea para alimentos flotantes, de medio fondo, de fondo y semihúmedos, y utilizando una gran variedad de ingredientes secos o húmedos, tales como granos de oleaginosas, harinas de cereales y leguminosas y desechos del procesado de pescados y mariscos, (Carver et al., 1989; Botting, 1991; Dominy y Lim, 1991; Kearns, 1993; Woodroffe, 1993; Kiang, 1994) la incorporación de estos desechos, da características positivas al alimento coextruido: buen sabor y textura, incremento en la estabilidad en el agua, y complementación nutritiva, mejorando la eficiencia alimenticia (Mendoza, 1993) y la esterilización del producto.



La aplicación de la tecnología de extrusión usando harina de soya mezclada con subproductos marinos, puede ayudar no solo a erradicar el problema de eliminación de los desechos, si no también a crear un ingrediente con valor agregado (Dominy y Lim, 1991).

## UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS DE CAMARÓN

En la elaboración de alimentos balanceados para organismos acuáticos, se usa una gran variedad de ingredientes que aportan proteínas, carbohidratos, lípidos y fibra; entre los ingredientes aportadores de proteína, se usa muy comúnmente la harina de pescado, de cabezas de camarón, de cangrejo, y de calamar, los cuales han dado resultados probados tanto a nivel experimental como comercial (Kerans, 1986 citado por Mendoza 1993).

La harina de camarón tiene un perfil de aminoácidos esenciales ideal, su uso en alimentos completos es normalmente limitada por sus propiedades físicas en su alto contenido de fibra, la cual ejerce un efecto negativo en la digestión del nutriente y en la estabilidad del pellet en el agua (Tacon, 1989).

La harina de crustáceos es usada en alimentos para camarón como una fuente conocida de nutrientes (Pike y Hardy, 1992).

Los subproductos de camarón, se han utilizado en forma de harina procesando principalmente las cabezas, las cuales comprenden del 40 al 44 % (Pan, 1989) de todo el organismo, y constituyen una rica fuente de proteínas (47 - 55 %), con un excelente perfil de aminoácidos (Meyers et al., 1973). Se ha observado también que los componentes de la harina de camarón (posiblemente quitina o una variedad de productos fragmentados, aminoácidos y nucleótidos) son importantes como estimulantes alimenticios y enriquecen considerablemente el valor de la dieta, acelerando el crecimiento del camarón (Joseph y Meyers 1975; Meyers 1986).

Fox, (1993) menciona que las proteínas, lípidos y minerales asociados con la quitina nativa, pueden ser de gran provecho para el camarón.

La harina de camarón también es una excelente fuente de minerales, colesterol, fosfolípidos y ácidos grasos 20:5n3 y 22:6n3 (Akiyama et al., 1991), pero hay pruebas que indican que incorporándola a dietas reduce la estabilidad en el agua, pero incrementa su palatabilidad cuando se compara con dietas basadas en harina de pescado (Fox et al., 1994).

Cruz-Suárez et al. (1993a) recomiendan la inclusión de harina de subproductos de camarón en la producción de alimentos balanceados a escala comercial, ya que encontraron que a mayor inclusión de harina de camarón (3%, 6% y 18%) había una mejoría significativa

en tasa de conversión alimenticia (pasando de 2,1 con la dieta control negativo a 1.27 con la dieta conteniendo 18 % de harina de camarón; 1.7 con la dieta al 6% de inclusión y de 2.3 con la dieta al 3% de inclusión), duplicando la tasa de crecimiento en el orden de 734% con la dieta de 18% de harina de camarón contra la dieta control la cual tuvo un crecimiento de 360% en un experimento realizado con *Penaeus vannamei*.

Fox et al. (1994) encontraron, en un bioensayo de crecimiento de 50 días en *P. monodon* alimentado con dietas conteniendo 31% de harina de cabeza de camarón procesada por diferentes métodos (secada en un simulador solar por 24 hrs; secada al horno a 80°C por 14 hrs; separando la cáscara de la carne, pasando esta a su vez por un molino y secandola en un secador de tambor; la pasta fue secada nuevamente por 14 hrs. a 40°C en un horno de aire, designada como harina de carne de cabeza de camarón) resultados significativamente mejores con respecto a una dieta control basada en harina de pescado. Siendo la harina de carne de cabeza de camarón la que dio mejores rendimientos, mejorando la tasa de crecimiento en un 60% con respecto al control y la tasa de conversión alimenticia de 3.05 a 2.45 con respecto a la dieta control. En general, las dietas elaboradas a base de harinas de camarón fueron más atractantes, pero este efecto pudo ser sobreestimado por el alto porcentaje de lixiviación que la inclusión de estos productos provocó en las dietas.

#### UTILIZACION DE COEXTRUIDOS A BASE DE SUBPRODUCTOS DE DESECHOS ACUICOLAS.

La coextrusión es el proceso por el cual la mezcla de un subproducto húmedo y un ingrediente seco es pasado a través de un extrusor, dando al ingrediente obtenido (coextruido) una mayor vida de anaquel por la disminución de la humedad, una complementación en los nutrientes y mayor disponibilidad de ellos.

Los coextruidos se han usado como ingredientes en fórmulas balanceadas para nutrición animal.

Carver et al. (1989) mezclaron subproductos de camarón y vísceras de calamar ensiladas y crudas con harina de soya, siendo estos excelentes candidatos para coextruir, obteniendo los ingredientes secos camarón/soya y calamar/soya en diferentes porcentajes, teniendo como resultado una pérdida de humedad del 50% y una mejoría en el contenido de ácidos grasos esenciales y fósforo en comparación con la harina de soya.

Dominy y Lim (1991) mezclaron subproductos de calamar con pasta de soya en dos proporciones (50/50 y 60/40 respectivamente) coextruyéndolos e incorporando los

---

coextruidos a dietas balanceadas para camarón, obteniendo resultados significativamente diferentes en cuanto a ganancia en peso con respecto a las dietas elaboradas con los ingredientes en forma de harina.

Robinson et al. (1985) reemplazaron harina de soya y harina de pescado por varias mezclas proteicas extruidas de pasta de soya, soya integral extruida o no con varios porcentajes de desechos de bagre hidrolizados, obteniendo en un bioensayo realizado con alevines de bagre, buenas tasas de conversión y ganancia en peso con la dieta que contenía el coextruido con desechos de pescado.

Pelcastre et al. (1995) mezclaron subproductos de fileteado de tilapia roja con pasta de soya en diferentes proporciones, coextruyéndolos, y a la vez haciendo un doble coextruido con uno de los productos elaborados, obteniendo mejor textura en el producto con menor inclusión de pescado y el coextruido doble.

Murray y Stanley (1980, citado por Choudhury, 1995) estudiaron la coextrusión de pescado y proteína de soya, y encontraron que la adición de pescado mejora la textura, reduce la temperatura requerida para una óptima texturización y eleva el nivel de aminoácidos esenciales, y concluyó que se pueden preparar coextruidos con características nutricionales y de textura, controlando las variables de composición y proceso.

Mega y Reddy (1995, citados por Choudhury, op. cit.) coextruyeron carpa y harina de arroz, observando que la extrusión permite almacenar por 6 meses a temperatura ambiente sin desarrollar mal olor, y uno de sus productos conteniendo 35% de carpa fue aceptado sensorialmente por un panel.

## OBJETIVO GENERAL

• Evaluar química, nutricional y económicamente los subproductos de camarón coextruidos con pasta de soya, como un ingrediente más en dietas balanceadas para camarón *Penaeus vannamei*, comparando diferentes niveles de inclusión del subproducto en forma de harina y coextruido sencillo y doble.

## OBJETIVOS PARTICULARES

--Determinar los parámetros del proceso de coextrusión (configuración del tornillo, velocidad de alimentación) de las dos mezclas siguientes: 32% subproductos de camarón mas 68% pasta de soya y 32% subproducto de camarón mas 68% del coextruido anterior.

--Determinar las características fisico-químicas: temperatura y humedad, solubilidad de la proteína y composición proximal de los productos obtenidos con un proceso simple y doble con las anteriores proporciones

--Evaluar nutricionalmente los coextruidos y proporciones equivalentes de subproducto seco y molido (harina), por medio de un bioensayo con juveniles de *Penaeus vannamei* con dietas experimentales isoproteicas e isocalóricas.

---

## MATERIAL Y METODOS

### OBTENCION Y PROCESO DE SUBPRODUCTOS DE CAMARON

Los subproductos de camarón (cabezas) se obtuvieron en la planta Procesadora de Pescados y Mariscos, S.A. de C.V. de Tampico, Tamps. donde la granja de cultivo ACUATAM, S.A. de C.V. lleva su producto a descabezar.

Inmediatamente, el subproducto se transportó congelado, en taras de plástico al Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Tampico, Tamps. donde fueron molidas en un cúter marca Hobart. Una vez molidas se pusieron en bolsas dentro de hieleras con dos capas de hielo seco (CO<sub>2</sub>) envuelto en papel periódico, una capa abajo y otra arriba de la bolsa, la hielera se tapó y se selló con cinta adhesiva y fueron trasladadas a Monterrey, donde se conservó el subproducto en un congelador horizontal Torrey a -20°C la cantidad total de subproducto húmedo usado en las diferentes pruebas fue de 50 Kg. aprox.

### OBTENCION DE HARINA DE CAMARÓN

Una pequeña parte de los subproductos de camarón (5 Kg.) se usó para elaborar la harina que se utilizó en las dietas, poniendo a secar en la estufa a una temperatura de 70°C durante 12 hr. los subproductos, que posteriormente se molieron en un molino de café Moulinex.

### COEXTRUIDOS

Para determinar el porcentaje adecuado de inclusión de los subproductos en la pasta de soya se realizaron varias pruebas preliminares, primero con pasta de soya más agua a diferentes porcentajes (Pelcastre, 1996) y segundo con pasta de soya más subproductos incluidos al 30 y 40 y 50%.

En las mezclas con 40 y 50% se presentó el problema de que se apelmazaba la mezcla en la tolva del extrusor, no permitiendo una alimentación continua hacia el cañón. Con 30% de subproductos, se obtuvo un proceso continuo y un coextruido de calidad adecuada.

Se optó por la proporción con 32% de subproductos por obtener en la mezcla un 30% de humedad que era lo que la bibliografía marcaba como límite máximo para los extrusores Insta-Pro. Con esta proporción se obtiene en la dieta un porcentaje de camarón en materia seca cercano al 4% cuando se incluye en la dieta el coextruido seco al 39%.

## COEXTRUIDO SENCILLO

Para la obtención del coextruido sencillo, se descongeló el subproducto de camarón, y se mezcló con pasta de soya: 32% de subproducto de camarón y 68% de pasta de soya (en base húmeda) en una batidora Hobart.

La mezcla se extruyó en un extrusor Insta-Pro 600, con las siguientes condiciones (Pelcastre, 1996).

- Tornillo de alabe sencillo
- Configuración del tornillo (Secuencia de anillos de presión) 600-10/600-08/600-08/600-08
- Velocidad de alimentación 70 r.p.m.
- Cono de salida (diámetro interno) 8 mm de diámetro
- No. de vueltas del cono de salida 6
- 

El barril del extrusor se calentó previamente con frijol de soya hasta una temperatura promedio de 140°C (para evitar el desperdicio de la mezcla), y posteriormente se pasó la mezcla a extruir.

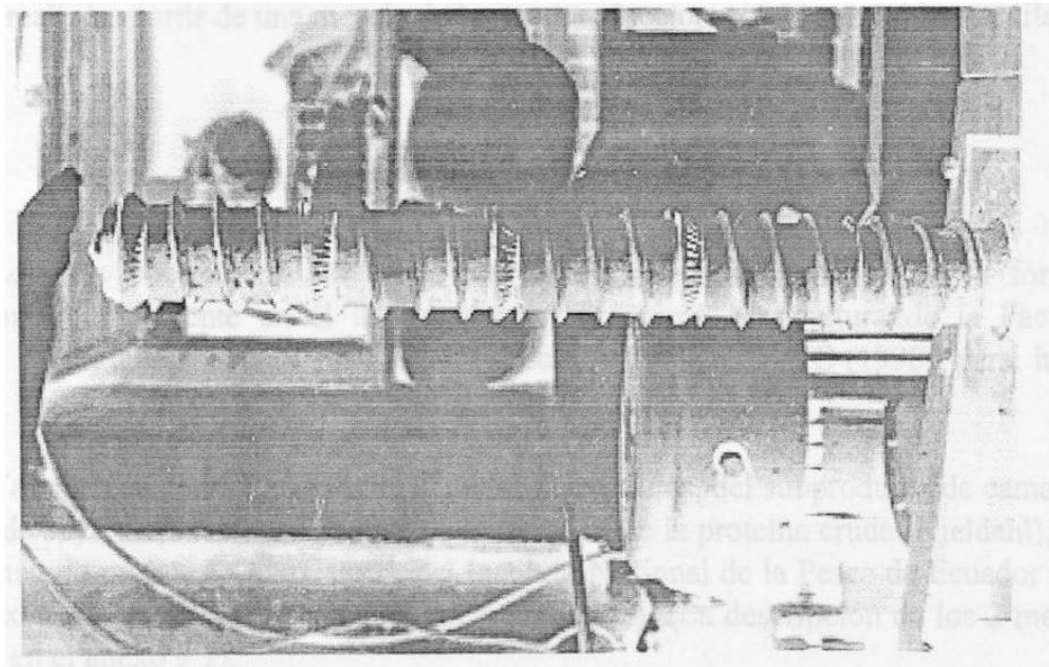


Fig. # 1.-Configuración del tornillo en el barril del extrusor, secuencia de los candados de presión.

---

Se monitoreó el proceso de extrusión registrando las variaciones de temperatura y amperaje cada 20 seg. durante el tiempo que duró el paso de la mezcla (Fig. # 2 y 3).

Se tomaron muestras para determinar la humedad a la salida del cañón del extrusor, el coextruido fue secado al aire libre por 4 hr., hasta tener una humedad de 8%; y se almacenó en costales para su uso posterior

## COEXTRUIDO DOBLE

Para la realización del coextruido doble, se utilizó un 32% de subproducto de camarón descongelado y el 68% restante fue del coextruido sencillo mencionado anteriormente; el propósito del coextruido doble fue poder tener una mayor inclusión de subproductos, ya que con una sola extrusión, solamente se logró tener una inclusión del 32% con una humedad en la mezcla de 30%, considerada como máxima para que el extrusor funcione adecuadamente.

Las condiciones del extrusor fueron las mismas que se utilizaron en el coextruido sencillo, solo se varió la temperatura de pre-calentamiento del barril, bajando hasta 115°C, después de varios intentos con una temperatura de precalentamiento del barril de 140°C.

Para cada uno de los coextruidos se realizaron tres pruebas replicadas del proceso entero (mezcla, extrusión, secado) haciendo lotes de 20 Kg. para cada prueba. El coextruido doble se realizó a partir de una mezcla de las tres producciones del coextruido sencillo:

## ANALISIS QUIMICO DE INGREDIENTES

Los dos coextruidos así como los otros ingredientes usados en la fórmula se analizaron químicamente en el laboratorio del Programa Maricultura de la Facultad de Ciencias Biológicas, mediante los métodos descritos por la A.O.A.C (1990), para: humedad, proteína, lípidos, ceniza, fibra y extracto libre de nitrógeno (ELN).

También se determinó la calidad de los coextruidos, del subproducto de camarón y de la pasta de soya mediante una prueba de solubilidad de la proteína cruda (Kjeldahl), en agua por un método propuesto por Camba, del Instituto Nacional de la Pesca de Ecuador (1982) y en hidróxido de potasio por un método de Dale (1992) (La descripción de los 2 métodos se presenta en el anexo # 1).

## DIETAS EXPERIMENTALES

## FORMULACION Y COMPOSICION DE DIETAS EXPERIMENTALES

Las formulaciones se realizaron por medio de un programa computacional Mixit-2, en función de la composición bromatológica de los coextruidos y los otros ingredientes, para obtener dietas isoprotéicas e isoenergéticas, cumpliendo con los requerimientos nutricionales marcados por Akiyama et al. (1991). En la tabla # 1 se presenta la composición de las siete dietas experimentales.

Tabla # 1.-Composición de dietas experimentales (base húmeda).

INGREDIENTES VARIABLES (%)	DIETAS						
	1	2	3	4	5	6	7
P. SOYA	39.00	--	34.79	--	--	31.00	--
P. SOY EXT.	--	39.00	--	--	18.35	--	--
COEXT. SENCILLO	--	--	--	39.00	--	--	--
COEXT. DOBLE	--	--	--	--	20.65	--	39.00
H. CAMARON	--	--	4.21	--	--	8.00	--
H. PESCADO	8.20	8.20	7.44	7.44	7.44	6.76	6.76
H. TRIGO	40.79	41.06	42.75	42.65	42.90	42.11	42.27
A. PESCADO	2.88	2.67	2.66	2.78	2.56	2.51	2.53
MONOFOSFATO DE SODIO	1.06	0.99	0.82	0.81	0.79	2.30	2.22
METIONINA	0.25	0.26	0.25	0.24	0.19	0.24	0.13
CaCO <sub>3</sub>	0.73	0.70	--	--	--	--	--
INGREDIENTES CONSTANTES	7.08	7.08	7.08	7.08	7.08	7.08	7.08

Ingredientes constantes: Gluten de trigo 4.00; Lecitina de soya 2.70; Antioxidante ETQ 0.025; Vit C 0.025; Premix de vitaminas 0.225; Colina 0.076; Inositol 0.031.

Abreviaciones: P.Soya=Pasta de Soya, P.Soy.Ext=pasta de soya extruida, Coext.Sencillo=Coextruido Sencillo, Coext.Doble=Coextruido Doble, H.Camarón=Harina de Camarón, H.Pescado=Harina de Pescado, H.Trigo=Harina de Trigo, A.Pescado=Aceite de Pescado

Las dietas 1 y 2 fueron a base de soya, la 1 con 39% de pasta de soya, y la 2 con 39% de pasta de soya extruida; las dietas 3,4 y 5 se formularon de tal manera que contuvieran 4.21% de subproductos de camarón, la dieta 3 con 4.21% de harina de camarón hecha con los



subproductos, secada y molida en un molino de café Moulinex, la dieta 4 contenía 4.21% de H. de camarón dentro del 39% del coextruido sencillo y la dieta 5 también contenía 4.21% de H. de camarón dentro del 20.65% del coextruido doble; la dieta 6 y 7 se formularon de tal manera que contuvieran 8% de subproducto de camarón, la 6 con harina de camarón y la 7 contenía 8 % dentro del 39% de inclusión del doble coextruido.

En las 7 dietas, se varió el nivel de inclusión de la harina de pescado, (dietas 1 y 2, 8.20%; dietas 3, 4 y 5, 7.44% y dietas 6 y 7, 6.76%) para tratar de mantener un nivel de proteína constante entre todas las dietas, en las cuales se sustituyó la proteína de camarón por una mezcla de proteína de soya y de pescado. Además a las dietas 1 y 2 se les adicionó CaCO<sub>3</sub> para cubrir el requerimiento de calcio.

## PREPARACION DE DIETAS EXPERIMENTALES

Todos los ingredientes se molieron finamente utilizando un molino de café Moulinex y se tamizaron, de tal manera que todos tuvieran el mismo tamaño de partícula. Se pesaron de acuerdo a la formulación y se mezclaron en una batidora Kitchen-aid de 5 L. Primeramente se mezclaron los ingredientes mayores (coextruidos, harina de pescado, harina de trigo, pasta de soya, gluten de trigo, harina de camarón), por separado se mezclaron los ingredientes menores (premix de vitaminas, monofosfato de sodio, antioxidante, Vit.C, metionina, inositol, CaCO<sub>3</sub> y colina) y se les adicionó a la mezcla de macroingredientes; el aceite de pescado y la lecitina de soya se homogeneizaron y se adicionaron a la mezcla de las harinas. Finalmente se añadieron 250 ml de agua. La mezcla se pasó por un molino de carne Torrey para obtener pellets de 2 mm de diámetro, los cuales se secaron al ambiente por 12 hr.

## ANALISIS DE DIETAS EXPERIMENTALES

Una vez elaboradas las siete dietas, se analizó la composición proximal de cada una en el laboratorio de nutrición del programa Maricultura de la F.C.B. de la U.A.N.L mediante los métodos propuestos por la A.O.A.C (1990).

Para determinar la estabilidad y el porcentaje de pérdida de materia seca de las dietas, se realizaron pruebas de lixiviación como se describe a continuación: se utilizaron canastas de tela metálica de 9 x 5 x 5 cm con una luz de malla de 1 mm, las cuales fueron secadas en la estufa a 70°C por 12 hr., posteriormente se pesaron y se colocaron 2 g de alimento en las canastas las cuales se introdujeron en un recipiente que contenía agua marina a 35 ‰ y a una temperatura de 28°C. Las canastas se colocaron en un eje conectado a un motor que confería un movimiento circulatorio de 5 r.p.m. por 1 hr. Al final de esta fase, las canastas con el alimento lixiviado eran colocadas nuevamente en la estufa para después pesarse y así evaluar la pérdida de materia seca conforme a la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de materia seca} = \frac{(P1 - Pc) \times MS - (P2 - Pc)}{(P1 - Pc) \times MS}$$

P1 = Peso de la canasta + alimento

Pc = Peso de la canasta seca

MS = Relación peso materia seca/peso alimento inicial

P2 = Peso de la canasta + alimento lixiviado seco

## DESCRIPCION DE LA SALA DE BIOENSAYOS

Los bioensayos se llevaron a cabo en la sala de bioensayos del programa Maricultura de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L. La sala cuenta con 48 acuarios de fibra de vidrio de 60 x 30 x 35 con un volumen de 60 L, cada acuario posee un doble fondo cubierto con tela de gasa. Los tanques están equipados con un sistema de "airlift" para promover la circulación interna a través del doble fondo. La sala también cuenta con tres tanques de pre-engorda con 500 l de capacidad y con 5 tanques de 1100 L de los cuales 2 son reservorios que abastecen de agua a los acuarios por gravedad y los tres restantes reciben el agua de recambio. Cada tanque reservorio cuenta con un contactor biológico rotatorio. Además el sistema está equipado con 2 filtros de cartucho, 2 de carbón activado y 2 espumadores. Mediante el uso de 2 turbinas y un sistema de tuberías, se suministra aire a los acuarios y a los espumadores. Para mantener la temperatura deseada se cuenta con un sistema cerrado de agua dulce e intercambiador de calor en los tanques reservorios. En el primer bioensayo se usaron los acuarios de 60 L con recambios continuos de agua de 800% diario. El segundo bioensayo se realizó en 12 acuarios pequeños de 30 x 20 x 20 cm, que se acondicionaron dentro de un tanque de preengorda, con aireación y haciendo 2 recambios diarios del 100 % de agua.

## CARACTERISTICAS DE LOS ORGANISMOS EXPERIMENTALES

Para la realización del primer bioensayo, se utilizaron juveniles de *Penaeus vannamei* de 460 mg de peso promedio que se obtuvieron en la granja de cultivo ACUATAM S.A. de C.V., ubicada en Altamira, Tamps., los cuales fueron transportados a la sala de bioensayos, en bolsas de plástico con agua filtrada del estanque de colecta y se colocaron en hieleras con la temperatura baja para disminuir el metabolismo de los organismos; ya en la sala de bioensayos, se aclimataron en los tanques de pre-engorda de 500 l de capacidad con agua marina sintética a 35 ppt de salinidad y 28°C durante aproximadamente 3 h.

Para el segundo bioensayo, se utilizaron juveniles de *Penaeus vannamei* de 240 mg de peso promedio, los cuales se obtuvieron en la granja El Dorado, del estado de Sonora; fueron enviados por avión a la sala de bioensayos, en bolsas de plástico dentro de hieleras; ya en la sala, se aclimataron a la temperatura y salinidad del agua de la sala.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron 2 bioensayos, el primero con las 7 dietas y alimentación racionada y el segundo con solo 4 dietas y alimentación *ad libitum*.

En el primer bioensayo, se colocaron 12 camarones por acuario con un peso promedio de 0.460 g y se alimentaron diariamente, una vez al día por la tarde al 10% de la biomasa la primera semana, y se les fue aumentando la ración hasta llegar al 15% de la biomasa de cada acuario. Cada tratamiento se corrió con 4 replicados y fueron distribuidos en la sala de bioensayos en bloques completos al azar. Este primer bioensayo constó de dos diseños factoriales:

- 1).-2 x 2 dietas sin y con 4.21 % de harina de camarón y, sin y con proceso previo de los subproductos y pasta de soya (dietas 1,2,3 y 4)
- 2).-2 x 2 dietas con 4.21% y 8% de harina de camarón y, sin y con doble proceso (dietas 3,5,6 y 7)

Factores: Porcentaje de inclusión de subproductos de camarón y tipo de proceso

Tabla # 2.-Diagrama del diseño experimental

INCLUSION DE SUBPRODUCTOS DE CAMARON	PROCESO		
	Harina	Coextruido sencillo	Coextruido doble
0 %	1	2	
4.21 %	3	4	5
8 %	6		7

En el segundo bioensayo, se utilizaron las dietas 1,3,6 y 7 (soya, 4% h. de camarón, 8% h. de camarón y 39% doble coextruido respectivamente) con alimentación *ad libitum* para comprobar el efecto attractante del subproducto de camarón y detectar una eventual disminución de este efecto por el proceso de extrusión. Se colocaron 5 camarones por acuario con un peso promedio de 0.240 g y se alimentaron 2 veces al día (1/3 de la ración en la mañana y el resto por la tarde, contando la cantidad de pelets por ración para tener una estimación mas exacta de los restos); este bioensayo se corrió con 3 replicados por dieta, por 21 días.

Diariamente se registró la mortalidad, las mudas y restos de alimento, y se sifoneó el fondo de los acuarios para eliminar las heces y los restos de alimento.

En el segundo bioensayo se sifonearon los restos del alimento 2 veces al día, antes de aplicar cada ración.

### EVALUACION BIOLOGICA

A los 14 y 28 días del primer bioensayo y a los 7, 14 y 21 días del segundo bioensayo se pesaron los camarones en una balanza Ohaus (de 0.001 g. de sensibilidad), evaluándose para cada acuario el Consumo individual de alimento, Porcentaje de Crecimiento (C), Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) y Tasa de Supervivencia (TS).

$$\text{Consumo individual} = \sum \frac{\text{Ración suministrada} \times \% \text{ Consumido al día}}{\text{No. de camarones en el acuario}}$$

$$\text{Porcentaje de Crecimiento} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$\text{Tasa de Conversión Alimenticia} = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Peso ganado}}$$

$$\text{Tasa de Supervivencia} = \frac{\text{No. final de organismos}}{\text{No. inicial de organismos}} \times 100$$

### ANALISIS ESTADISTICO

Primer bioensayo:

Los pesos promedio así como también los otros parámetros biológicos evaluados se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con comparaciones múltiples de medias por medio de rangos DUNCAN, para determinar diferencias significativas entre tratamientos

---

Para determinar el efecto del porcentaje de inclusión de la harina de camarón y del proceso, y de la interacción de los dos factores, se realizaron análisis de varianza bifactoriales entre los tratamientos 1,2,3,4 y entre los tratamientos 3,5,6,7.

#### Segundo bioensayo:

Para determinar si había diferencias significativas entre los parámetros de los tratamientos evaluados (DIETAS 1,3,6,7), se realizaron análisis de varianza de una vía y pruebas de comparación de medias de Duncan a un nivel de significancia de 0.05.

Para ambos bioensayos se realizaron análisis de varianza entre los acuarios replicados dentro de los tratamientos usando los pesos individuales, con el objeto de cerciorarse de la homogeneidad de las respuestas de los diferentes replicados, recibiendo un mismo tratamiento. Una vez validados los replicados, se realizaron los análisis descritos anteriormente usando los datos por acuario.

Los análisis se realizaron por medio de una computadora con el programa estadístico SPSS/PC<sup>TM</sup> Ver. 3 (1988).

## RESULTADOS

### COEXTRUIDOS

#### MEZCLAS

La textura de las mezclas de subproducto de camarón/pasta de soya para coextruir fue diferente: la mezcla para el coextruido sencillo fue la más homogénea, con partículas finas de ambos ingredientes; al contrario, en la mezcla para el coextruido doble, las partículas del coextruido sencillo fueron más grandes que las de la pasta de soya.

Por otro lado, la mezcla para el coextruido sencillo fue más viscosa que la mezcla para el coextruido doble.

#### PARAMETROS DE PROCESAMIENTO DE LOS COEXTRUIDOS

Para el coextruido sencillo, se calentó el barril del extrusor hasta una temperatura de 140°C, estableciéndose a 150°C por el tiempo en que duró el proceso; para el coextruido doble, se calentó el barril del extrusor a una temperatura de 115°C, estableciéndose igualmente a 150°C. En la figura # 2 se observan las variaciones de temperatura y amperaje del coextruido sencillo, y en la fig. # 3 se observan las variaciones de temperatura y amperaje para el coextruido doble, mostrando las variaciones de los triplicados de cada muestra respectivamente. Para el amperaje, el valor promedio durante el proceso fue más alto para el coextruido sencillo (56 A) que para el coextruido doble (49 A) ( $P < 0.0001$ ).

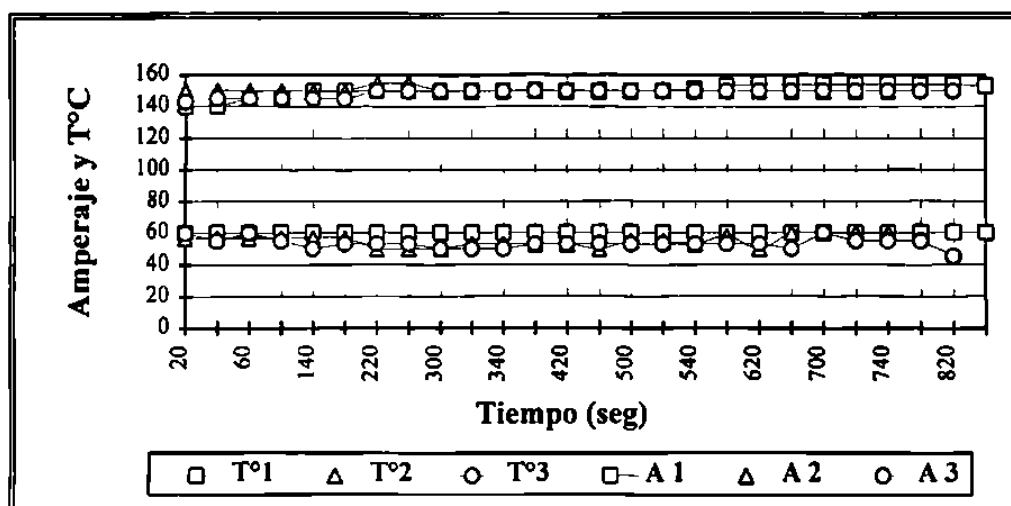


Fig. # 2.-Gráfica de la variación en amperaje y temperatura de los tres replicados en la elaboración del coextruido sencillo.

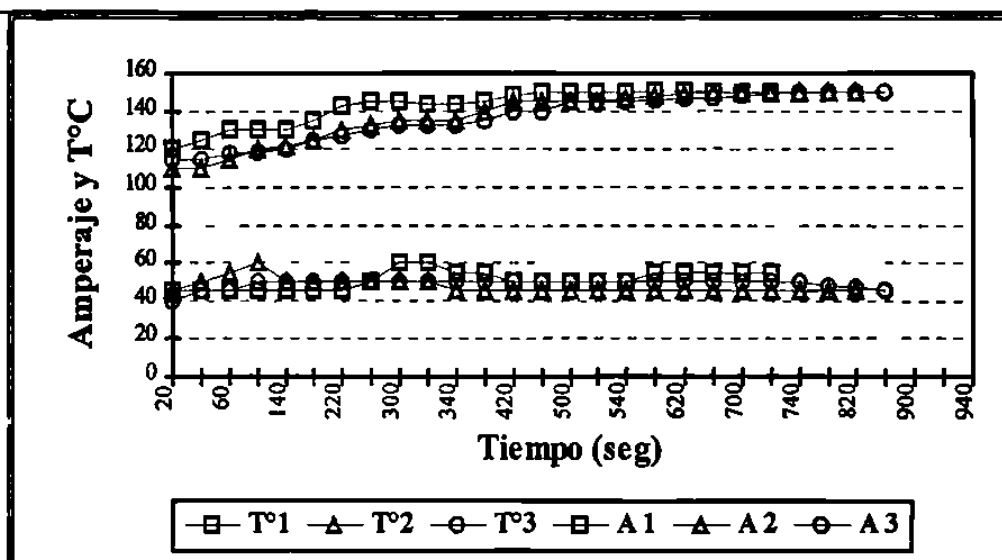


Fig. # 3.-Gráfica de la variación en amperaje y temperatura de los tres replicados en la elaboración del coextruido doble.

## COMPOSICION PROXIMAL Y PERDIDA DE HUMEDAD DE LOS COEXTRUIDOS

### COEXTRUIDO SENCILLO

La humedad obtenida en la mezcla para la elaboración del coextruido sencillo, fue de aproximadamente 30%, y ya extruida, a la salida del barril extrusor, fue de 19.6% en promedio, teniendo una pérdida de humedad en el proceso de extrusión del 35% aproximadamente. Este coextruido se puso a secar al aire libre, hasta una humedad final del 8%, para poder elaborar el doble coextruido (tabla # 3).

Tabla # 3.-Contenido de humedad del coextruido sencillo.

REPLICADO	HUMEDAD INICIAL(%)	HUMEDAD DE SALIDA(%)	PERDIDA DE HUMEDAD (%)	HUMEDAD FINAL(%)
1	30.51	19.61	35.7	8.89
2	29.97	19.98	33.3	8.78
3	29.83	19.24	35.5	8.97
PROMEDIO	30.10	19.61	34.8	8.88

Posteriormente, se secó a una humedad del 5%, y así fue como se incluyó en la dieta

Se analizó químicamente, obteniendo los siguientes datos:

Tabla # 4.-Análisis bromatológico de los 3 replicados del coextruido sencillo (en base seca)

NUTRIENTE(%)	1	2	3	PROMEDIO
Proteína <sup>1</sup>	50.89	51.47	51.43	51.26
Lípidos	0.68	0.53	0.54	0.58
Ceniza	7.79	7.84	7.72	7.78
Fibra	2.59	2.66	2.59	2.61
ELN <sup>2</sup>	38.05	37.5	37.72	37.76

1 Para determinar la cantidad de proteína, se usó el factor 6.25

2 Extracto libre de nitrógeno

## COEXTRUIDO DOBLE

La humedad obtenida en la mezcla para la elaboración del coextruido doble, fue de aproximadamente 31%, y de 22% a la salida del barril extrusor, teniendo una pérdida de humedad en el proceso de extrusión del 29% aproximadamente. (Tabla # 5)

Tabla # 5.-Contenido de humedad del coextruido doble

REPLICADO	HUMEDAD INICIAL(%)	HUMEDAD DE SALIDA(%)	PERDIDA DE HUMEDAD (%)	HUMEDAD FINAL(%)
1	31.26	22.06	29.4	5.46
2	31.99	22.97	28.2	5.46
3	32.00	23.08	27.9	5.52
PROMEDIO	31.75	22.70	28.5	5.48

Este coextruido también se puso a secar al aire libre, hasta una humedad del 5.48%, y así se incluyó en la dieta

El coextruido doble también se analizó químicamente, obteniendo los siguientes datos:

Tabla # 6.-Análisis bromatológico de los 3 replicados del coextruido doble (en base seca)

NUTRIENTE(%)	1	2	3	PROMEDIO
Proteína <sup>1</sup>	52.68	53.00	52.84	52.84
Lípidos	1.24	1.48	1.36	1.36
Ceniza	7.95	7.96	7.95	7.95
Fibra	3.57	3.07	3.31	3.32
ELN <sup>2</sup>	34.59	34.49	34.54	34.54

1 Para determinar la cantidad de proteína, se usó el factor 6.25

2 Extracto libre de nitrógeno



En la tabla # 7 tenemos una recapitulación de los análisis bromatológicos de los coextruidos y de sus componentes en donde se pueden observar las variaciones en cuanto a nutrientes de los dos coextruidos, teniendo el coextruido doble un porcentaje ligeramente mayor de nutrientes que el sencillo, que en teoría era lo que se esperaba.

Tabla # 7.-Recapitulación del análisis proximal de los coextruidos e ingredientes (en base seca).

NUTRIENTE (%)	PASTA DE SOYA	PASTA DE SOYA EXTRUIDA	SUBPRODUCTO DE CAMARÓN	COEXTRUIDO SENCILLO*	COEXTRUIDO DOBLE*
Proteína <sup>1</sup>	54.40	51.09	53.55	51.26 (54.04)	52.84 (53.89)
Lípidos	0.32	0.82	5.72	0.58 (2.05)	1.36 (3.22)
Ceniza	7.28	7.35	23.06	7.78 (12.33)	7.95 (15.76)
Fibra	3.43	4.47	9.77	2.61 (5.46)	3.31 (6.84)
ELN <sup>2</sup>	34.57	36.26	7.90	37.77 (26.12)	34.54 (20.24)

\* Los valores entre paréntesis corresponden a los valores teóricos de los coextruidos, partiendo de la base de los resultados obtenidos de pasta de soya y subproductos de camarón, y sus respectivos porcentajes de inclusión (68/32%) en el coextruido sencillo y para el doble 32/68% de subproducto de camarón y coextruido sencillo respectivamente.

<sup>1</sup> Para determinar la cantidad de proteína, se usó el factor 6.25

<sup>2</sup> Extracto libre de nitrógeno

## ANÁLISIS DE SOLUBILIDAD DE PROTEÍNA EN COEXTRUIDOS Y SUS COMPONENTES

La solubilidad en hidróxido de potasio fue muy similar para los dos coextruidos pero inferior a la calculada para las mezclas no procesadas, lo que corresponde a una disminución de 21 y 10% para los coextruidos sencillo y doble respectivamente (Tabla # 8).

Tabla # 8.-Solubilidad de proteína en hidróxido de potasio (base seca).

	Analizado (%)	Teórico (%)	Diferencia **
Coextruido sencillo	61.10	77.48 *	21.1%
Coextruido doble	59.33	66.08 *	10.2%
Pasta de soya	77.88		
Harina de camarón	76.67		

\* Para calcular los valores teóricos de la proteína soluble en los coextruidos, se tomaron los valores analizados de los ingredientes de la mezcla a procesar, y se aplicó una regla de tres simple tomando en cuenta el porcentaje de inclusión de cada ingrediente.

\*\*Diferencia expresada en por ciento del valor teórico.

La solubilidad en agua de los coextruidos presentó variaciones contradictorias con respecto a lo calculado para la mezcla: 10 y -20% respectivamente (Tabla # 9). El extruido sencillo disminuyó la solubilidad y el doble la mejoró.

Tabla # 9.-Solubilidad de proteína en agua (base seca).

	Analizado (%)	Teórico (%)	Diferencia **
Coextruido sencillo	9.16	10.26 *	10.7%
Coextruido doble	13.85	11.52 *	-20.2%
Pasta de soya	7.32		
Harina de camarón	16.52		

\* Para calcular los valores teóricos de la proteína soluble en los coextruidos, se tomaron los valores analizados de los ingredientes de la mezcla a procesar, y se aplicó una regla de tres simple tomando en cuenta el porcentaje de inclusión de cada ingrediente.

\*\*Diferencia expresada en porciento del valor teórico.

## DIETAS

### ANALISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Los resultados de los análisis bromatológicos de las dietas experimentales se resumen en la tabla # 10. La proteína cruda varió en un rango de 32.2 a 33%, la grasa de 5.9 a 6.8%, la ceniza de 5 a 6.5% la fibra de 1.2 a 1.7% y los carbohidratos del 46 al 48.5%. Se puede considerar a las dietas como isoenergéticas (43.8 Kcal/g)

Tabla # 10.-Análisis de las dietas experimentales (base húmeda)

NUTRIENTE (%)	1	2	3	4	5	6	7
PROTEINA <sup>1</sup>	32.22	32.32	32.83	33.00	32.96	32.67	32.44
LIPIDOS	6.22	6.42	5.97	6.60	6.76	6.07	6.84
CENIZA	5.89	5.69	5.56	5.25	5.03	6.52	6.31
FIBRA	1.33	1.66	1.66	1.55	1.21	1.59	1.41
ELN	47.85	47.94	48.54	47.35	47.86	45.94	46.48
HUMEDAD	5.49	5.87	5.43	6.24	6.17	7.2	6.52
ENERGIA <sup>2</sup>	43.57	43.85	43.96	44.16	44.5	42.89	43.72
PERDIDA DE MATERIA SECA <sup>3</sup>	6.61	7.89	13.11	8.70	15.05	47.93	13.95

<sup>1</sup> Se uso El factor 6.25 para determinar la cantidad de proteína. <sup>2</sup> Proteína 5.6 Kcal/g, Lípidos 9.5 Kcal/g, Carbohidratos 4.1 Kcal/g. (Tacon 1989). <sup>3</sup> Por una hora en agua a 28°C de temperatura y a 35 % de salinidad.

## ESTABILIDAD DE LAS DIETAS EN EL AGUA

Se observaron diferencias altamente significativas ( $P=0.0001$ ) entre las 7 dietas, donde la dieta 6 (8% de harina de camarón) presentó una pérdida mayor (47.93%) a todas las demás. Como podemos observar en la fig. # 4, existen diferencias, aunque no significativas entre las dietas que contienen el mismo porcentaje de inclusión de subproductos de camarón, en forma de harina y coextruido, por ejemplo; la dieta 3 (4.21% de harina de camarón) tiene un 50% mas aproximadamente de pérdida con respecto a la dieta 4 (4.21% de subproducto de camarón en el coextruido); sin embargo la dieta 6 (8% de harina de camarón) tiene una pérdida particularmente alta, mas del 300% con respecto a la dieta 7 (que también contiene 8% de subproducto de camarón en el coextruido).

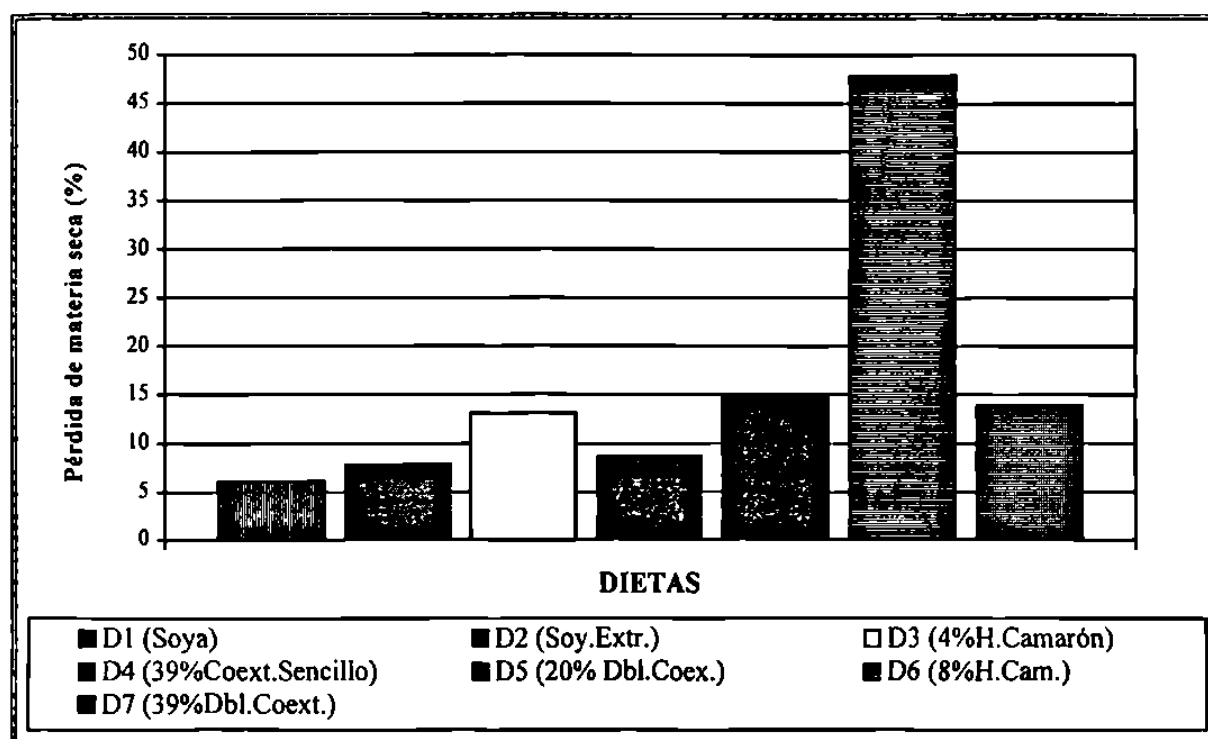


Fig. # 4.- Estabilidad de las dietas por una hora a 28°C, 35 ‰ de salinidad

## EVALUACION BIOLOGICA

### PRIMER BIOENSAYO

---

Efecto del proceso (sin extruir y coextruido sencillo) y de la inclusión o no de subproductos de camarón (0% y 4.21%).

---

La evaluación biológica del efecto del proceso y de la inclusión o no de subproductos de camarón, fue realizada con el grupo de camarones alimentados con las dietas 1,2,3 y 4, dicha evaluación se hizo a los 14 y 28 días. Los resultados se presentan para cada parámetro (tabla # 11 a tabla # 14) junto con el análisis de varianza de una vía (oneway). También se presentan los análisis de varianza bifactoriales (ANOVA) realizados, según el esquema siguiente:

INCLUSION DE SUBPRODUCTOS DE CAMARON	PROCESO		
	Harina	Coextruido sencillo	Coextruido doble
0 %	1	2	
4.21 %	3	4	

## TASA DE SOBREVIVENCIA

Los resultados de sobrevivencia durante todo el experimento se resumen en la tabla # 11. A los 14 y 28 días del experimento, los análisis bifactoriales de ANOVA no detectaron diferencias significativas, ni por el proceso ni por el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón.

A los 14 días, los 4 grupos presentaron sobrevivencias similares, y a los 28 días, los organismos alimentados con la dieta 3 presentaron un porcentaje de sobrevivencia menor, sin llegar a ser significativamente diferente a las otras 3 (Fig. # 5).

Tabla # 11.-Resultados promedio de la tasa de sobrevivencia durante el primer bioensayo

DIETAS		0-14	0-28
1	$\bar{x}$	100	96.87
	$\pm$	0	12.23
2	$\bar{x}$	93.94	91.59
	$\pm$	10.26	14.27
3	$\bar{x}$	96.87	85.44
	$\pm$	12.23	4.11
4	$\bar{x}$	98.00	92.11
	$\pm$	9.39	11.54
Oneway	P	0.225	0.519

ANOVA: Nivel de significancia para los factores: Tipo de proceso y porcentaje de inclusión de subproductos de camarón.

Proceso	P	0.213	0.962
Inclusión	P	0.669	0.318
Interacción	P	0.104	0.276

P = Probabilidad

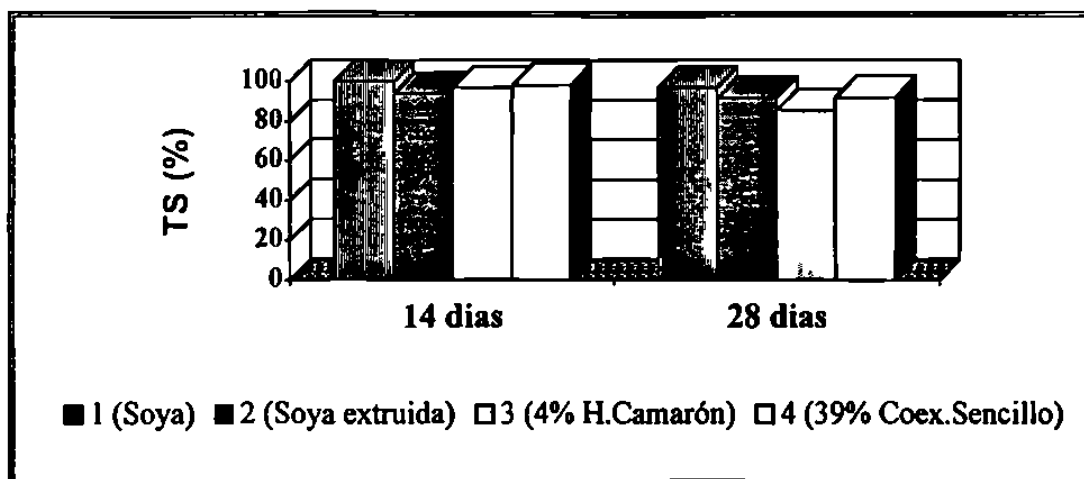


Fig. # 5.-Tasa de sobrevivencia a los 14 y 28 días (dietas 1, 2, 3 y 4)

## CRECIMIENTO

Los resultados de la tasa de crecimiento durante todo el experimento se resumen en la tabla # 12. A los 14 y 28 días del experimento, los análisis bifactoriales de ANOVA no detectaron diferencias significativas, ni por el proceso ni por el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón. A los 14 días, hubo un crecimiento homogéneo, y a los 28 días, los organismos alimentados con la dieta 3, presentaron un crecimiento mayor, sin llegar a ser significativamente diferentes (Fig. # 6 )

Tabla # 12.-Resultados promedio de la tasa de crecimiento durante el primer bioensayo

DIETAS		0-14	0-28
1	$\bar{x}$	63.987	213.84
	+	5.211	15.31
2	$\bar{x}$	60.98	202.60
	±	8.67	36.22
3	$\bar{x}$	63.445	237.12
	+	10.753	37.36
4	$\bar{x}$	62.550	213.67
	+	6.931	36.32
Oneway	P	0.956	0.521

ANOVA: Nivel de significancia para los factores: Tipo de proceso y porcentaje de inclusión de subproductos de camarón.

Proceso	P	0.641	0.309
Inclusión	P	0.902	0.313
Interacción	P	0.800	0.715

Probabilidad

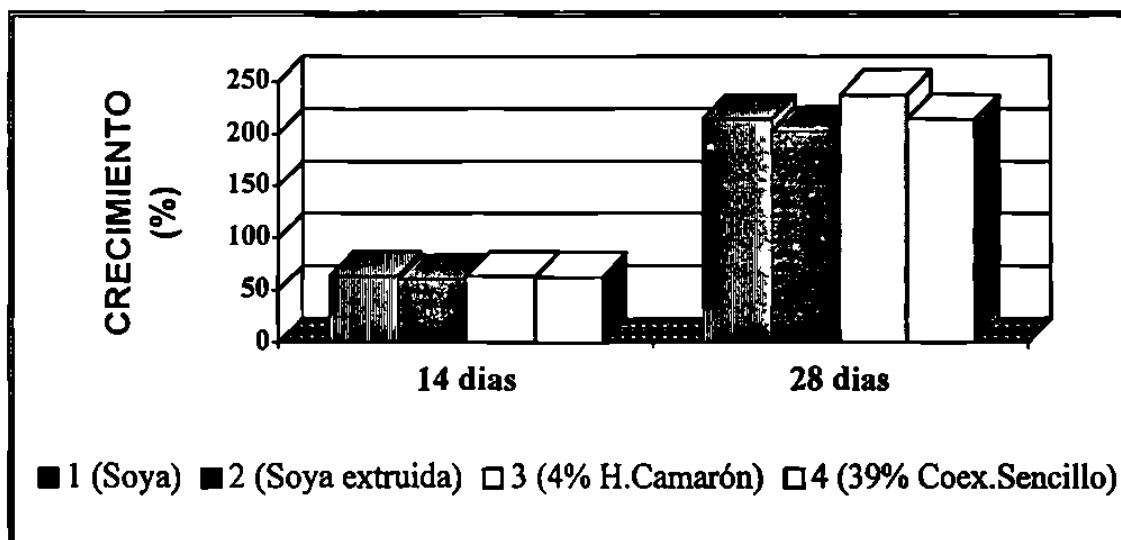


Fig. # 6.-Tasa de crecimiento a los 14 y 28 días (dietas 1, 2, 3 y 4).

## CONSUMO DE ALIMENTO

Los resultados del consumo de alimento durante todo el experimento se resumen en la tabla # 13. A los 14 y 28 días del experimento, los análisis bifactoriales de ANOVA no detectaron diferencias significativas, ni por el proceso ni por el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón. Como se puede apreciar en la figura # 7, no hay diferencias en consumo, debido a que se les dio una alimentación racionada.

Tabla # 13.-Resultados promedio del consumo de alimento durante el primer bioensayo

DIETAS		0-14	0-28
1	$\bar{x}$	0.800 g.	2.360 g.
	+	11.55	0.101
2	$\bar{x}$	0.805	2.357
	$\pm$	12.90	0.090
3	$\bar{x}$	0.800	2.395
	$\pm$	18.25	0.098
4	$\bar{x}$	0.800	2.385
	$\pm$	14.14	0.068
Oneway	P	0.947	0.912

ANOVA: Nivel de significancia para los factores: Tipo de proceso y porcentaje de inclusión de subproductos de camarón.

Proceso	P	0.735	0.606
Inclusión	P	0.735	0.693
Interacción	P	0.735	0.784

P = Probabilidad

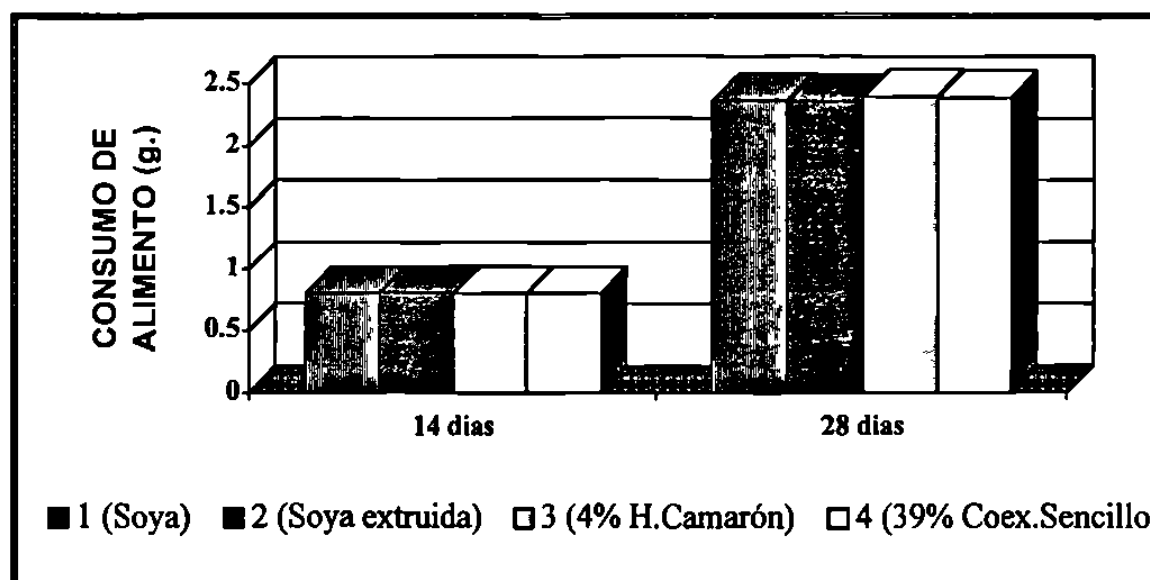


Fig. # 7.-Consumo de alimento a los 14 y 28 días (dietas 1, 2, 3 y 4).

## TASA DE CONVERSION ALIMENTICIA

Los resultados de la tasa de conversión alimenticia durante todo el experimento se resumen en la tabla # 14. A los 14 y 28 días del experimento, los análisis bifactoriales de ANOVA no detectaron diferencias significativas, ni por el proceso ni por el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón. A los 14 días, no se detectó ninguna diferencia, y a los 28 días, aunque las diferencias no fueron significativas, si se aprecia una TCA menor en los organismos alimentados con la dieta 3 (Fig. # 8 ).

Tabla # 14.-Resultados promedio de la tasa de conversión alimenticia durante el primer bioensayo

DIETAS		0-14	0-28
1	$\bar{x}$	2.745	2.420
	$\pm$	0.200	0.160
2	$\bar{x}$	2.942	2.583
	$\pm$	0.419	0.396
3	$\bar{x}$	2.812	2.238
	$\pm$	0.436	0.285
4	$\bar{x}$	2.800	2.488
	$\pm$	0.307	0.337
Oneway	P	0.878	0.453

ANOVA: Nivel de significancia para los factores: Tipo de proceso y porcentaje de inclusión de subproductos de camarón.

Proceso	P	0.611	0.231
Inclusión	P	0.836	0.323
Interacción	P	0.564	0.705

P=Probabilidad

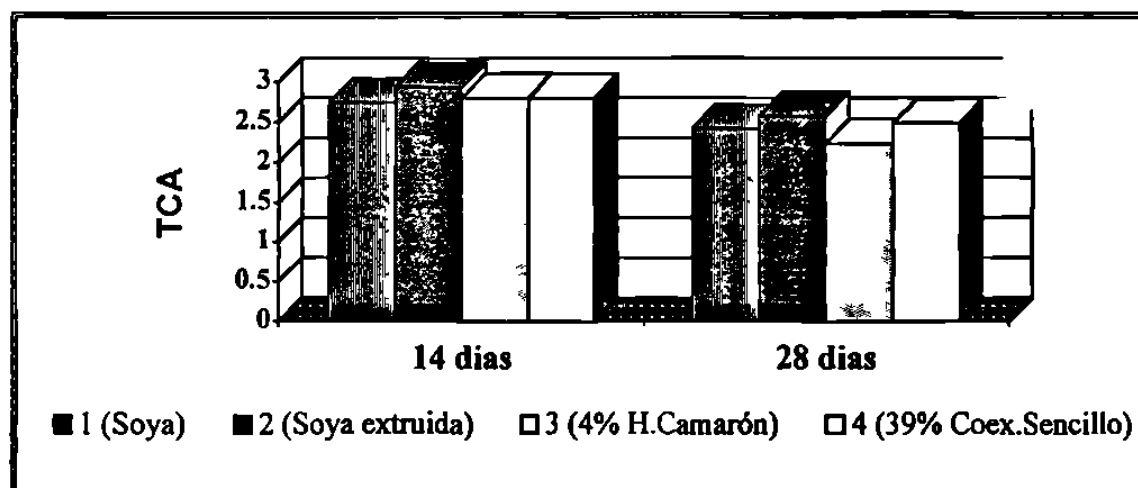


Fig. # 8.-Tasa de conversión alimenticia a los 14 y 28 días (dietas 1, 2, 3 y 4)



---

Efecto del proceso (sin extruir y coextruido doble) y del porcentaje de inclusión de subproducto de camarón (4.1% y 8%)

---

Esta evaluación fue realizada con el grupo de camarones alimentados con las dietas 3,5,6 y 7, dicha evaluación se realizó a los 14 y 28 días. Los resultados se presentan para cada parámetro (tabla # 15 a tabla # 18) junto con el análisis de varianza de una vía (oneway). También se presentan los análisis de varianza bifactoriales (ANOVA) realizados, según el esquema siguiente:

INCLUSION DE SUBPRODUCTOS DE CAMARON	PROCESO		
	Harina	Coextruido sencillo	Coextruido doble
4.21 %	3		5
8 %	6		7

## TASA DE SOBREVIVENCIA

Los resultados de la tasa de sobrevivencia durante todo el experimento se resumen en la tabla # 15. A los 14 y 28 días del experimento, los análisis bifactoriales de ANOVA no detectaron diferencias significativas, ni por el proceso ni por el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón. A los 14 días, no hay diferencia en la sobrevivencia, a los 28 días, hay una ligera diferencia de la dieta 3, que tiene una sobrevivencia menor, pero sin llegar a ser significativa con respecto a las otras 3 (Fig. # 9).

Tabla # 15.-Resultados promedio de la tasa de sobrevivencia durante el primer bioensayo

DIETAS		0-14	0-28
3	x	96.87	85.44
	+	12.23	4.11
5	$\bar{x}$	100	95.54
	+	0	8.13
6	$\bar{x}$	99.5	98.00
	+	8.13	9.39
7	$\bar{x}$	100	96.06
	$\pm$	0	14.29
Oneway	P	0.216	0.235

ANOVA: Nivel de significancia para los factores: Tipo de proceso y porcentaje de inclusión de subproductos de camarón.

Proceso	P	0.076	0.489
Inclusión	P	0.421	0.146
Interacción	P	0.421	0.187

P = Probabilidad

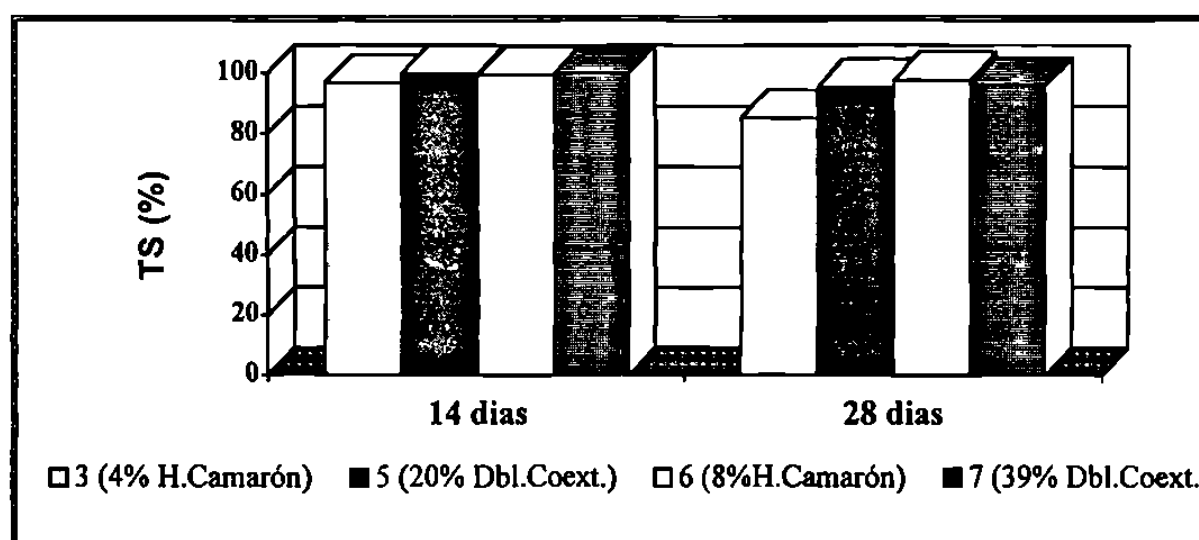


Fig. # 9.-Tasa de sobrevivencia a los 14 y 28 días (dietas 3, 5, 6 y 7)

## CRECIMIENTO

Los resultados de la tasa de crecimiento durante todo el experimento se resumen en la tabla # 16. A los 14 y 28 días del experimento, los análisis bifactoriales de ANOVA no detectaron diferencias significativas, ni por el proceso ni por el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón. En la figura # 10 a los 14 días se observa una ligera tendencia de la dieta 7, aunque a los 28 días, la dieta 3 y la 7 son las que presentan un mayor crecimiento, sin ser significativamente diferente.

Tabla # 16.-Resultados promedio de la tasa de crecimiento durante el primer bioensayo

DIETAS		0-14	0-28
3	$\bar{x}$	63.445	237.12
	$\pm$	10.753	37.36
5	$\bar{x}$	59.702	210.81
	$\pm$	6.407	14.73
6	$\bar{x}$	58.247	214.31
	$\pm$	12.113	24.66
7	$\bar{x}$	67.635	233.60
	$\pm$	12.346	27.37
Oneway	P	0.616	0.445

ANOVA: Nivel de significancia para los factores: Tipo de proceso y porcentaje de inclusión de subproductos de camarón.

Proceso	P	0.607	0.801
Inclusión	P	0.802	1.000
Interacción	P	0.242	0.120

P = Probabilidad

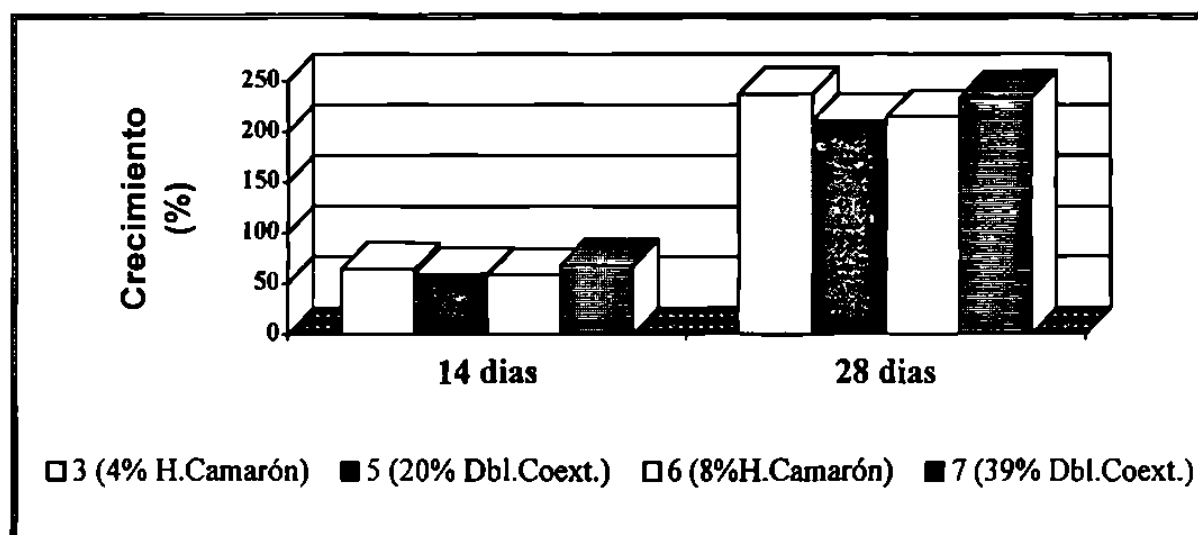


Fig. # 10.-Tasa de crecimiento a los 14 y 28 días (dietas 3, 5, 6 y 7)

## CONSUMO DE ALIMENTO

Los resultados del consumo de alimento durante todo el experimento se resumen en la tabla # 17. A los 14 y 28 días del experimento, los análisis bifactoriales de ANOVA no detectaron diferencias significativas, ni por el proceso ni por el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón. No se aprecian diferencias como era de esperarse, ya que la alimentación se les dió racionada (Fig. # 11 ).

Tabla # 17.-Resultados promedio del consumo de alimento durante el primer bioensayo

DIETAS		0-14	0-28
3	$\bar{x}$	0.800	2.395
	+	18.25	0.098
5	$\bar{x}$	0.815	2.397
	+	5.77	0.056
6	$\bar{x}$	0.797	2.322
	+	9.57	0.133
7	$\bar{x}$	0.810	2.42
	+	14.14	0.049
Oneway	P	0.228	0.482

ANOVA: Nivel de significancia para los factores: Tipo de proceso y porcentaje de inclusión de subproductos de camarón.

Proceso	P	0.053	0.283
Inclusión	P	0.57	0.576
Interacción	P	0.849	0.331

P = Probabilidad

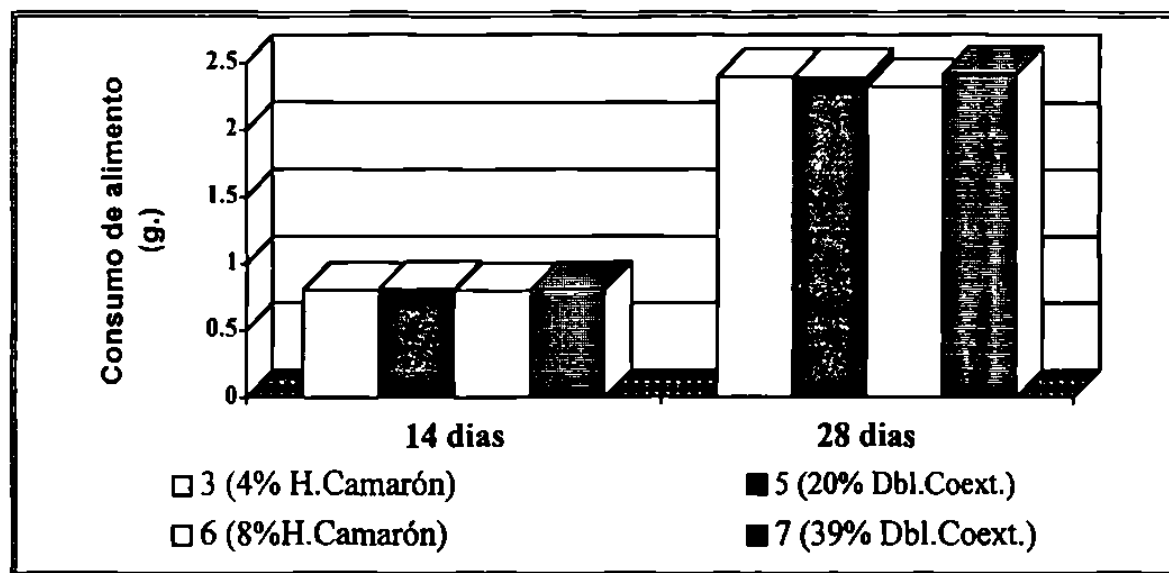


Fig. # 11.-Consumo de alimento a los 14 y 28 días (dietas 3, 5, 6 y 7)

## TASA DE CONVERSION ALIMENTICIA

Los resultados de la tasa de conversión alimenticia durante todo el experimento se resumen en la tabla # 18. A los 14 y 28 días del experimento, los análisis bifactoriales de ANOVA no detectaron diferencias significativas, ni por el proceso ni por el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón. A los 28 días, se observa que la dieta 3 y la dieta 7, son las que presentan una TCA menor, sin llegar a ser significativamente diferentes (Fig. # 12 ).

Tabla # 18.-Resultados promedio de la tasa de conversión alimenticia durante el primer bioensayo.

DIETAS		0-14	0-28
3	$\bar{x}$	2.812	2.238
	$\pm$	0.436	0.285
5	$\bar{x}$	2.892	2.455
	$\pm$	0.411	0.118
6	$\bar{x}$	3.115	2.395
	$\pm$	0.654	0.163
7	$\bar{x}$	2.642	2.258
	$\pm$	0.453	0.214
Oneway	P	0.616	0.393

ANOVA: Nivel de significancia para los factores: Tipo de proceso y porcentaje de inclusión de subproductos de camarón.

Proceso	P	0.446	0.684
Inclusión	P	0.918	0.829
Interacción	P	0.290	0.107

P = Probabilidad

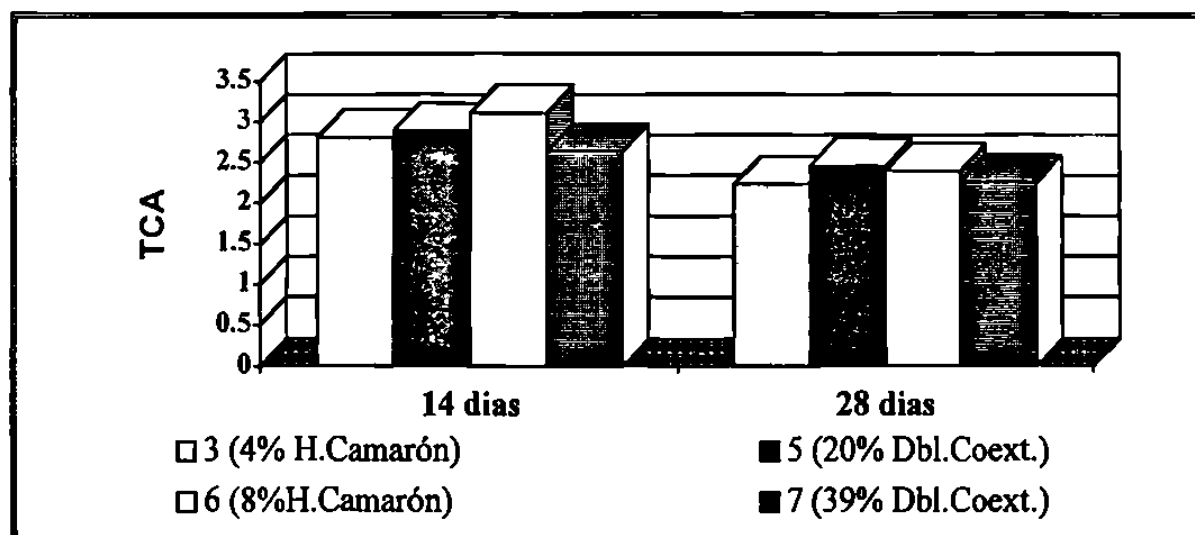


Fig. # 12.-Tasa de conversión alimenticia a los 14 y 28 días (dietas 3, 5, 6 y 7).

## SEGUNDO BIOENSAYO

Los resultados de la evaluación biológica del segundo bioensayo, se resumen en la tabla # 19.

La tasa de sobrevivencia (Fig. # 13 ) varió de 73.77% a 100%, sin que la diferencia fuera significativa, teniendo una sobrevivencia menor la dieta 1 (39% pasta de soya).

La tasa de crecimiento (Fig. # 14 ) varió de 124.18% a 179.28%, el mejor resultado se obtuvo con la dieta 6 (8% de H. de camarón) seguida por la dieta 7 (8% de subprod. de camarón en el coextruido), y la de menor crecimiento fue la dieta 3 (4% H. de camarón), sin que las diferencias fueran significativas.

En cuanto al consumo de alimento (Fig. # 15 ), la dieta 1 fue la que tuvo menor aceptación, y los organismos alimentados con la dieta 6 fueron los que mas consumieron, teniendo diferencias altamente significativas ( $P=0.0002$ )

La tasa de conversión alimenticia (Fig. # 16 ) de la dieta 1 que no contenía harina de camarón y sin ningún proceso, fue la más baja; y haciendo una comparación entre las dos dietas que contenían 8% de subproducto de camarón, la dieta 6 en forma de harina y la dieta 7 en el coextruido, esta última presentó una TCA más baja, sin ser significativamente diferente.

Tabla # 19.-Resultados promedio de la evaluación biológica del segundo bioensayo.

PARAMETRO	D-1	D-3	D-6	D-7	PROB. <sup>1</sup>
Replicados	3 x 5	3 x 5	3 x 5	3 x 5	
PESO INIC. PROMEDIO <sup>2</sup>	0.24	0.24	0.23	0.24	0.9585
DE	0.038	0.039	0.032	0.040	
PESO FINAL PROMEDIO	0.595 a	0.537 a	0.633 a	0.646 a	0.2017
DE	0.117	0.112	0.203	0.137	
SOBREVIVENCIA (%)	73.77 a	100.00 a	86.04 a	90.71 a	0.1003
T.C. (%) <sup>3</sup>	144.34 a	124.18 a	179.28 a	171.86 a	0.2033
DE	27.827	34.789	43.25	12.626	
CONSUMO (g.)	0.411 a	0.640 b	0.980 c	0.785 b	0.0002
DE	0.101	0.094	0.094	0.026	
TCA <sup>4</sup>	1.19 a	2.31 a	2.46 a	1.94 a	0.1144
DE	0.165	0.909	0.738	0.173	

1.-Probabilidad, 2.-Peso inicial promedio, 3.-Tasa de Crecimiento 4.-Tasa de Conversión Alimenticia

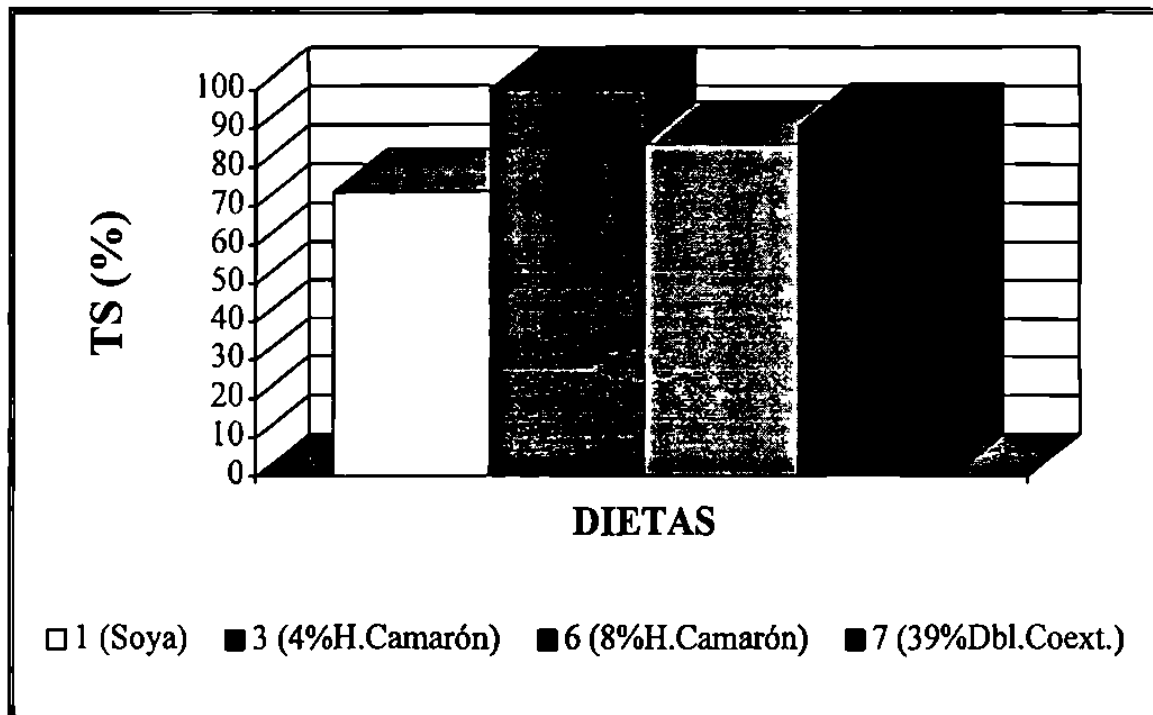


Fig. # 13.-Tasa de sobrevivencia del segundo bioensayo a los 21 días (dietas 1, 3, 6 y 7)

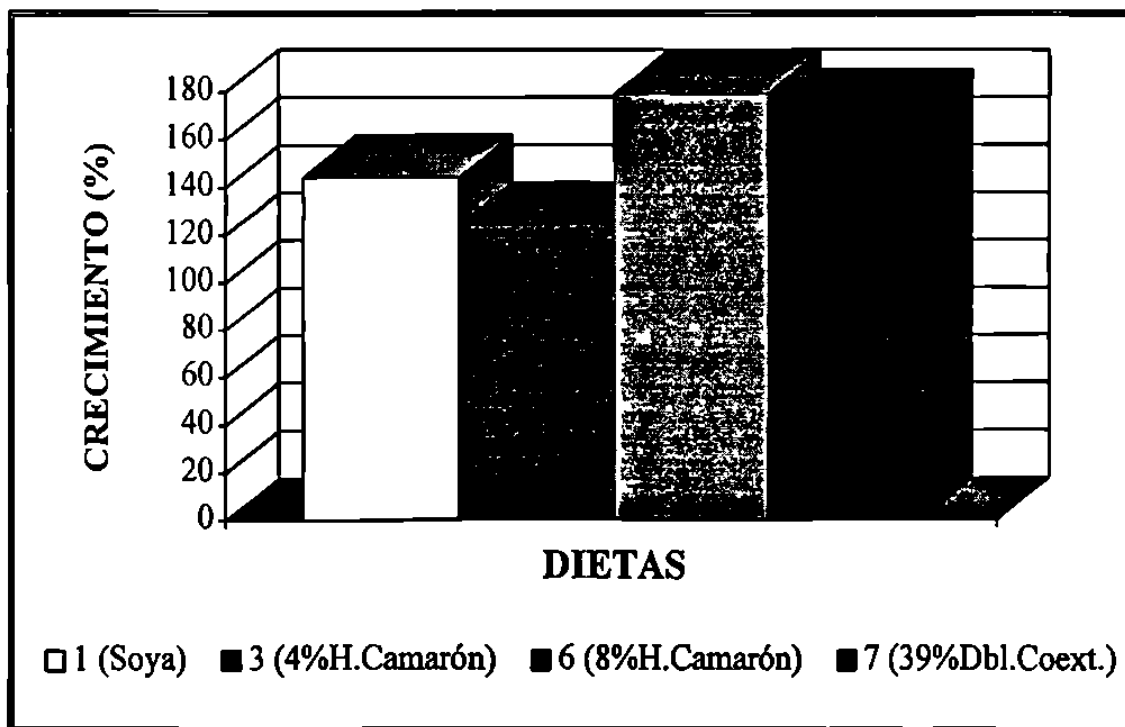


Fig. # 14.-Tasa de crecimiento del segundo bioensayo a los 21 días (dietas 1, 3, 6 y 7)

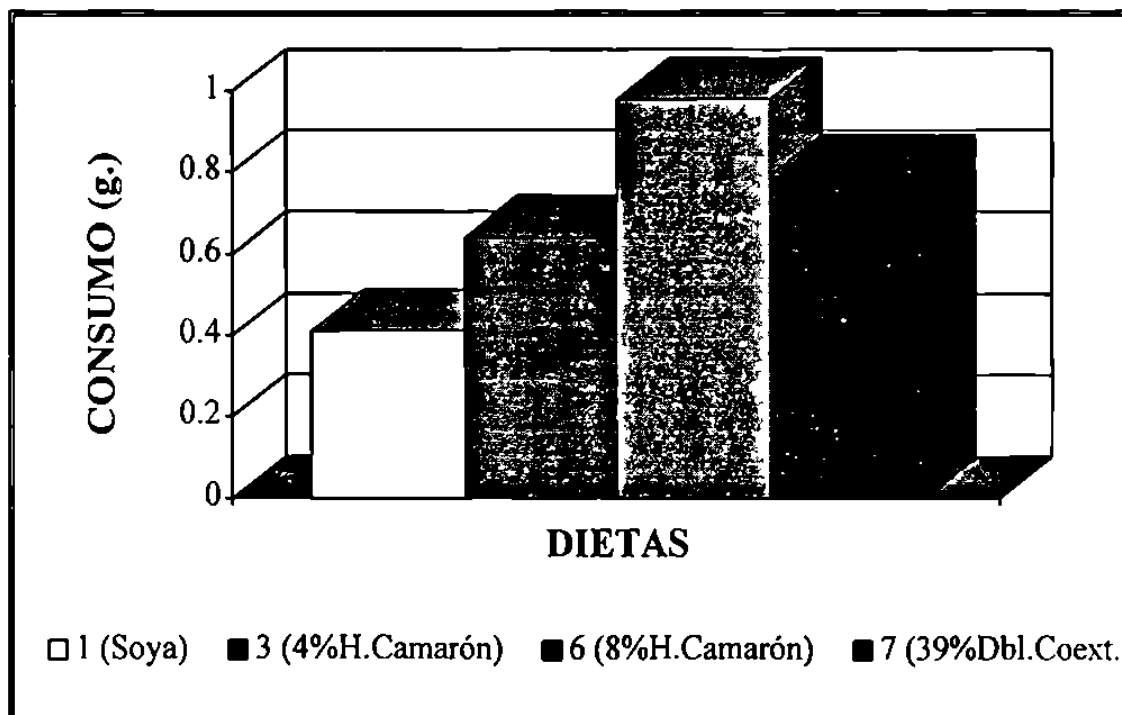


Fig. # 15.-Consumo de alimento del segundo bioensayo a los 21 días (dietas 1, 3, 6 y 7)

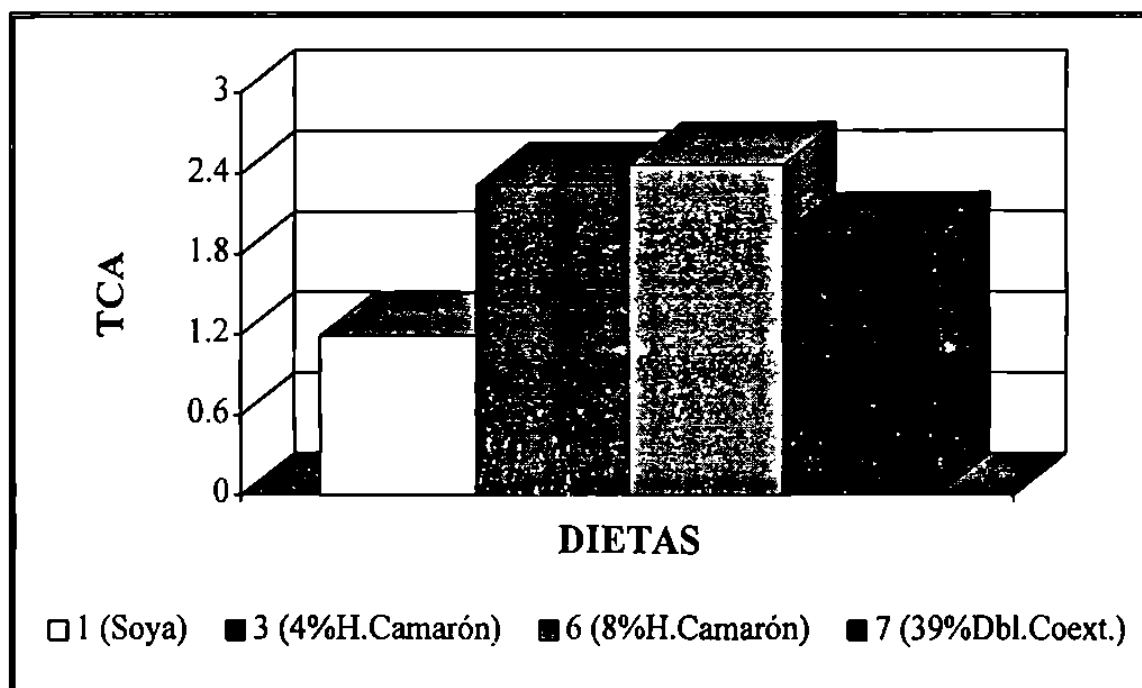


Fig. # 16.-Tasa de conversión alimenticia del segundo bioensayo a los 21 días (dietas 1, 3, 6 y 7)



---

## DISCUSIONES

### COEXTRUIDOS

Para la elaboración de coextruidos, se usó el mismo equipo y los parámetros de extrusión estandarizados por Pelcastre (1996) descritos en material y métodos, obteniendo productos, aceptables en cuanto a textura, color y olor, calentando el barril del extrusor en un rango más amplio que lo utilizado por él, 120 - 130°C, contra 115 - 140°C de este estudio, estabilizándose a 150°C durante el paso de las mezclas.

#### TEMPERATURA, AMPERAJE Y HUMEDAD.

Aunque la temperatura final del proceso fue la misma para los dos coextruidos obtenidos en este trabajo (150°C), las mezclas tuvieron un comportamiento diferente frente a la temperatura de precalentamiento: la mayor homogeneidad y viscosidad de la mezcla conteniendo subproducto crudo molido con la pasta de soya podría ser ligada a la formación de un gel, con mayor capacidad de retención de agua lo cual provoque que no se queme tan fácilmente como la mezcla del doble coextruido, en la cual, parte de los ingredientes ya habían sido procesados una vez. La viscosidad pudo ser dada por la presencia de la hemocianina del camarón, la cual tiende a gelificarse (Civera 1996, com. pers.).

La temperatura final alcanzada en los dos coextruidos (150°C) es mayor que la obtenida por Pelcastre (1996), con una mezcla de subproductos de pescado y pasta de soya en una proporción 70/30 respectivamente y 27% de humedad; sin embargo estos resultados concuerdan con lo publicado por Carver et al. en 1989, donde coextruyeron una mezcla de subproductos de camarón con pasta de soya en una proporción 25/75 respectivamente precalentando el barril del extrusor entre 120 y 130°C, alcanzando una temperatura de extrusión entre 146 - 152°C, y con un doble coextruido, en una mezcla de subproducto de camarón y el coextruido 25/75 en una proporción 46/54 respectivamente se obtuvo una temperatura de extrusión de entre 166 - 171°C, mayor a la temperatura promedio obtenida en este estudio, lo cual pudo ser causado por las humedades inferiores en las mezclas manejadas por este autor (20 - 22%).

Con respecto al amperaje, el cual representa una medida del consumo de energía, y varía en función de la resistencia que ofrece el material para extruirse, el procesado del coextruido sencillo registró un promedio de 56 A y el coextruido doble de 49 A, lo que puede explicarse debido a tres factores: la humedad y el contenido de lípidos de la mezcla, y su granulometría.

Primero, la humedad y la grasa de la mezcla para el coextruido doble fueron de 31.8% y 1.36%, contra 30% y 0.58% respectivamente del coextruido sencillo. El amperaje bajó, al

mismo tiempo que la temperatura debido a que al haber mayor humedad en la mezcla, hay menor fricción, y por lo tanto, un menor esfuerzo mecánico en el proceso. Pelcastre (1996) registró amperajes más elevados de 61 - 71 contra 50 de este estudio, aunque la temperatura fue más baja (137 - 145°C contra 150°C) ya que manejó humedades de 26 a 30%.

Por otro lado, Miller (1996) dice que una extrusión con baja humedad ocasiona un mayor desgaste en comparación con un mayor contenido de humedad. En resumen, lo encontrado en este trabajo, confirma que una mayor humedad y contenido de grasa en la mezcla, permite procesar con una menor temperatura y un menor gasto de energía.

Los resultados obtenidos en este estudio, concuerdan con lo obtenido por Pelcastre (1996), donde los coextruidos con menor humedad de la mezcla se procesaron a una mayor temperatura, y esta desendió a medida en que aumentó la inclusión de subproductos húmedos.

El tercer punto podría ser el tamaño de partícula: en el coextruido sencillo, la mezcla era mas homogénea que en el coextruido doble, ya que en este se mezcló el coextruido sencillo con el subproducto de camarón molido, lo cual también pudo ser una causa para que se procesara con un amperaje mas bajo.

En cuanto a la pérdida de humedad en el proceso, para el coextruido sencillo fue mayor (34.8%) que para el doble (28.5%), lo que concuerda también con lo reportado por Pelcastre (1996), donde la mezcla coextruida con mayor humedad inicial fue la que tuvo una pérdida de humedad menor, esto pudo ser debido a la temperatura alcanzada en el proceso (coextruido sencillo 150°C, doble 140°C). Kiang (1993) menciona que en cuanto el producto sale del extrusor, una rápida disminución de la presión hace que se expanda y se evapore del 40 al 50% de la humedad original, lo que demuestra que la pérdida de agua está en función de la temperatura alcanzada durante el proceso y la humedad inicial de la mezcla.

## COMPOSICION BROMATOLOGICA DE COEXTRUIDOS Y SUS COMPONENTES

La cantidad de proteína (base seca) en la harina de subproducto secado al horno, resultó ser más baja (53.55%) que la reportada por Martínez (1991) (56.33%), con harina hecha a base de cabezas y cáscara de camarón del Golfo (*Penaeus setiferus* y *P. aztecus*) cocidas y deshidratadas por flama directa, pero mayor que la reportada por Fox et al. (1994) (48.11%) con harina hecha de cabezas de camarón (*P. monodon*), transportadas, congeladas y almacenadas a -20°C y posteriormente secadas en horno a 80°C por 14 hr.

En cuanto al contenido de lípidos, ceniza y fibra, los resultados encontrados en este estudio, resultaron más bajos que los reportados por Fox et al. (1994) y más altos que los obtenidos por Martínez (1991). Estas ligeras variaciones pudieron ser por las diferentes especies y tamaño de camarón utilizado, por el proceso con el que se elaboraron, por la

temporada en que se haya capturado el camarón, o por el origen de los mismos (pesca o acuicultura) Meyers, 1986).

En cuanto a la pasta de soya, el dato de proteína obtenido en este estudio (54.40%), fue más alto que lo reportado en NRC (1983), esto debido posiblemente a que se trataba de una harina bien procesada y bien extraída por solventes. El factor empleado en los cálculos para la obtención de proteína, fue 6.25 que es el factor que se toma para garantizar a la venta, en vez de 5.71 que es el factor citado por Alanis y García (1993), esto fue con la idea de unificar el factor y no tener problemas a la hora de calcular proteína en las dietas. Sin embargo, es igual al valor de proteína reportado por Dominy y Lim (1991). La pasta de soya extruida mostró una ligera baja en proteína con respecto a la pasta de soya, al igual que lo reportado por Dominy y Lim (1991), quienes también encontraron una ligera baja en la pasta de soya extruida con respecto a la pasta de soya, esto pudo deberse a la pérdida de sustancias nitrogenadas durante el proceso de extrusión, y registró un ligero aumento en lípidos debido a la grasa residual del frijol de soya con el que se lubricó el barril del extrusor.

El análisis proximal de los dos coextruidos (Tabla # 7) muestra que el contenido de lípidos, ceniza y fibra en el coextruido doble, es ligeramente mayor que en el sencillo, lo cual es lógico ya que hay una mayor aportación de subproductos de camarón el cual contiene mayor cantidad de estos elementos, sin embargo, son menores a los datos calculados teóricamente, esto concuerda con el trabajo realizado por Carver (1989), donde encontró una menor cantidad de lípidos en lo analizado que en lo calculado teóricamente, sin embargo, los datos reportados en el trabajo de Pelcastre (1996), en cuanto a lípidos, la cantidad teórica esperada fue menor que la analizada en el laboratorio.

La cantidad de proteína de los dos coextruidos es similar, (51.3% y 52.8%) pero inferior al de la mezcla de sus componentes calculados teóricamente, (54.1 para el coextruido sencillo y 53.9 para el doble), esto posiblemente sea debido a la pérdida de sustancias nitrogenadas volátiles durante el proceso de extrusión. Lo reportado por Carver (1989) concuerda con lo analizado en este trabajo, encontrando también una ligera pérdida de proteína en el coextruido analizado con respecto a lo calculado teóricamente, al igual que los coextruidos realizados por Dominy y Lim (1991).

Con respecto al análisis de solubilidad de la proteína de la pasta de soya se empleó una técnica utilizada por la Asociación Americana de Soya, y fue propuesta por Dale en 1992, en la cual se utiliza hidróxido de potasio al 0.2%, y los datos obtenidos en el presente trabajo en pasta de soya (77.88%), se encuentran dentro del rango de aceptación de solubilidad (73 a 88%) que marcan como un procesamiento óptimo de la materia prima (Ruiz y Navarro 1992, Dale 1992) quienes determinaron este rango con bioensayos basados en el calentamiento de la pasta de soya a diferentes temperaturas y tiempos, alimentando pollitos para ver la respuesta que había en su crecimiento. Akiyama en 1992 (citado por Treviño y Celis, 1995) considera como óptimo para especies acuícolas un índice de solubilidad de la proteína de 60 - 80%.

También se analizó la solubilidad de la proteína de los coextruidos por el método de Dale (1992), encontrando una solubilidad ligeramente menor (59.3%) en el coextruido doble que en el sencillo (61.10%), esto pudo deberse según Ruiz y Navarro (1992) a que la solubilidad de la proteína disminuye a medida que aumenta el tiempo y temperatura de procesamiento, y a que la extrusión reduce la solubilidad de la proteína (Stanley, 1989). Se realizó el cálculo teórico de la solubilidad de proteína de las mezclas sin extruir, y los valores encontrados fueron mucho mas altos con diferencias del orden de 10 - 20% (59.33% del coextruido doble y 61.10% del coextruido sencillo de los datos analizados contra 66% y 77.48% respectivamente de los datos teóricos calculados). Esta disminución de proteína resulta lógica, ya que los cálculos se realizaron a partir de los datos obtenidos en los valores analizados de la harina de camarón y la pasta de soya aún sin el proceso de extrusión, lo cual indica que la temperatura del proceso juega un papel importante en la solubilidad de la proteína, y en el grado de desnaturalización que pueda sufrir un polipéptido (Dale 1992, Badui 1993).

También se analizó la solubilidad de la proteína en agua por un método descrito por Camba (1982) para corroborar la calidad de la proteína en el procesado de los productos, obteniendo 9.19% para el coextruido sencillo y 13.85% para el doble.

El valor de proteína soluble en agua en la pasta de soya fue de 7.32% el cual es similar al obtenido por Wright en 1968 (citado por Vohra y Kratzer, 1991), quienes reportan un valor de solubilidad de la proteína analizada en agua de 8% (a 115°C), pero no describe el método utilizado. Aunque los valores de proteína soluble de la pasta de soya analizados por los dos métodos utilizados para determinar la solubilidad de la proteína (en agua y en hidróxido) fueron similares a lo reportado en bibliografía. El porcentaje elevado de proteína soluble obtenido con hidróxido es debido a que la mayor cantidad de proteínas contenidas en la soya (70%) son globulinas, las cuales son hidrófobas (Cheftel et al. 1989), por lo tanto insolubles en agua.

En cuanto a la solubilidad de la harina de camarón en hidróxido de potasio, esta fue de 76.67%, esto probablemente se debió a que la mayoría de las proteínas en el camarón pertenecen al grupo de las proteínas fibrosas, y en mayor parte es la queratina la cual es insoluble en agua, y soluble en hidróxido. Por otra parte, el grupo de proteínas globulares también presentes en el camarón, pero, en menor porcentaje, son solubles en agua, es por esto que los valores obtenidos de proteína soluble en agua son bajos y corresponden a lo analizado, (la solubilidad en agua de la harina de camarón fue de 16.5%).

## DIETAS

En cuanto al análisis proximal de las dietas, fue muy similar: en proteína la mayor variación es de 0.8%, y en grasa la mayor es de 0.9%, por lo que se considera que estas

variaciones no deben afectar los resultados, ya que en general, las 7 dietas cumplieron con los requerimientos nutricionales reportados para camarón por Akiyama et al. en 1991.

La estabilidad en el agua de las dietas juega un papel muy importante en la nutrición del camarón, debido a los hábitos alimenticios del mismo (Ponce y Torres, 1990), la dieta 6 preparada con 8% de subproductos de camarón en forma de harina, fue la que presentó la menor estabilidad con pérdida de materia seca casi del 50%, esto fue probablemente debido a la mayor inclusión de harina de camarón, ya que la dieta 1 sin harina de camarón, presentó una pérdida de solamente el 6.6%, y haciendo comparaciones entre las dietas con ingredientes coextruidos y sin extruir, esto es la dieta 3 (4% de harina de camarón) con la 4 (4% de harina de camarón en el coextruido) y la dieta 6 (8% harina de camarón) con la dieta 7 (8% de harina de camarón en el coextruido doble), podemos apreciar que las dietas (4 y 7) con el coextruido presentan una mejor estabilidad que cuando el subproducto es incorporado en forma de harina (dietas 3 y 6).

Esto pudo deberse a los coextruidos adicionados a esas dietas, ya que el proceso de extrusión ayuda a la expansión y gelatinización de los gránulos de almidón (Kiang, 1990). La gelatinización ocurre en casi todos los procesos de extrusión, lo cual es muy favorable, especialmente para especies acuícolas, ya que los almidones gelatinizados tienen un excelente habilidad aglutinante y sirven para juntar los otros componentes en el producto terminado dando un aspecto uniforme (Ricque y Alanis, 1993).

## EVALUACION BIOLOGICA

### PRIMER BIOENSAYO

---

Efecto del proceso (sin extruir y coextruido sencillo ) y de la inclusión o no de subproducto de camarón (0% y 4.21%)

---

Globalmente, el valor nutricional de las 4 dietas analizadas en este grupo (1, 2, 3 y 4) es muy similar, ya que estadísticamente no hay diferencias significativas en crecimiento y en tasa de conversión alimenticia. El consumo de alimento fue el mismo, ya que se dió una alimentación racionada. Hubo un crecimiento ligeramente mayor de la dieta 3 con respecto a las otras, sin que llegara a ser significativo estadísticamente, aunque este crecimiento mayor puede ser resultado de que en esa dieta hubo una sobrevivencia menor y por lo tanto había una menor densidad de población.

---

Efecto del proceso (sin extruir y coextruido doble ) y de la inclusión o no de subproducto de camarón (4.21% y 8%).

---

En este grupo, al igual que en el primero, globalmente el valor nutricional de las 4 dietas (3,5,6 y 7) es similar, aunque en este caso, la dieta 6 (8% de harina de camarón) se vió desfavorecida por el alto porcentaje de pérdida de materia seca por lixiviación.

En resumen, la inclusión de los coextruidos con una solubilidad de proteína del 60 %, no afectó el crecimiento en camarón, sin embargo en estudios realizados en pollos, suministrándoles dietas a base de pasta de soya con una baja en la solubilidad de 78 a 60%, hay una disminución en el crecimiento. En camarón tal vez no afectó el crecimiento por que en las dietas hay otras fuentes de proteína, las cuales contienen aminoácidos esenciales para él.

## SEGUNDO BIOENSAYO

En este bioensayo, se utilizaron solo 4 dietas (1,3,6 y 7: 39% soya, 4% H. camarón, 8% H. camarón y 39% doble coextruido, respectivamente) con una alimentación *ad libitum*.

Posiblemente la mejor sobrevivencia (mayor densidad al final) para la dieta 3 fue lo que provocó un crecimiento ligeramente mas bajo, sin llegar a ser diferente estadísticamente.

El mayor consumo de las dietas 6 y 7 confirma las propiedades atrayentes y apetentes de los subproductos de camarón, y demuestra que la extrusión los disminuye ligeramente pero no los elimina. En medio controlado, los atrayentes pueden afectar el consumo arriba de lo necesario, mientras el crecimiento es relativamente limitado por varios factores (calidad de agua, estrés luminoso, densidad) afectando la tasa de conversión alimenticia. Pero en estanques , los atrayentes son esenciales por que permiten al animal localizar el alimento mas rápido y aprovecharlo en lugar de dejarlo descomponerse en el fondo del estanque. Las condiciones ambientales mucho más favorables y la disponibilidad de más nutrientes en el alimento natural, permiten que un mayor consumo de alimento artificial se convierta en mayor crecimiento. Por lo tanto la conservación de la propiedad atractante de los subproductos extruidos, es un factor muy favorable para su uso a nivel comercial.

Sin embargo con este segundo bioensayo se demostró que el consumo racionado en el primer experimento no fue la causa de no encontrar mejores resultados al agregar subproductos de camarón en las dietas.

En este estudio no se encontró el efecto promotor de crecimiento esperado al adicionar subproductos de camarón en las dietas, como lo han reportado Cruz-Suárez et al (1993a), y Fox et al (1994), esto debido probablemente a una hidrólisis en el subproducto

(constituido basicamente de cabezas de camarón) a la hora de molerlos ya que las enzimas contenidas en el hepatopáncreas quedan en mayor contacto con el sustrato. En estudios realizados con hidrolizados de pescado (Sanchez, 1995) en dietas para engorda de camarón, no encontró ningún efecto positivo sobre el crecimiento, y sin embargo, se comprobó el efecto atractante de los hidrolizados, con un aumento en el consumo, al igual que lo obtenido por Cruz-Suárez et al, (1993b), quienes trabajaron también con hidrolizados de pescado chileno, encontrando un efecto positivo atractante y negativo en cuanto a la tasa de crecimiento y tasa de conversión alimenticia.

## EVALUACION ECONOMICA DE COEXTRUIDOS

Al hacer la evaluación económica de los coextruidos, se empezó por determinar el costo del proceso de extrusión y después se integró con el costo de los ingredientes.

### COSTO POR PROCESO DE EXTRUSION

Concepto	\$/ Kg.*	
	Con flete	Sin flete
Mano de obra	0.055	0.055
Energía eléctrica	0.047	0.047
Flete de materias primas	0.100	----
Mantenimiento / Refacciones	0.020	0.020
Otros gastos	0.020	0.020
Total	0.242	0.142

\*Precios de Febrero de 1996

Se consideró una opción sin flete suponiendo que se tuviera el extrusor en la misma planta maquiladora de camarón

Para la mano de obra, se consideró a 3 trabajadores con un salario mínimo. En la energía eléctrica se consideró el consumo del motor al arranque, el consumo del alimentador y de la mezcladora, haciendo el cálculo en Kw x hora por Kg procesado.

### COSTO DE COEXTRUIDOS

Para hacer los cálculos del costo de producción del coextruido sencillo y doble, se tomó en cuenta el costo por proceso de extrusión (con y sin flete), el porcentaje de inclusión de pasta de soya con un precio de \$ 2.36 / Kg. y el porcentaje de inclusión de subproducto de camarón con un precio de \$ 0.50 / Kg., pero también se consideró la eventualidad de un subproducto sin costo suponiendo que se procesara en la misma planta. Para el coextruido

sencillo se consideró la inclusión del 68% de pasta de soya y 32% de subproductos de camarón, y el costo por proceso; para el coextruido doble, se consideró el 68% del costo del coextruido sencillo y el 32% del subproducto de camarón, y dentro del costo por proceso se eliminó el rubro correspondiente a flete de materia prima. A los 2 coextruidos se les consideró una merma por la humedad, en el coextruido sencillo del 35% y en el doble de 29%, es por eso que en el primer caso (con costo de subproducto y con costo de flete) el precio es el mismo para los dos quedando los costos como a continuación se describe (Anexo # 3 Cálculos para determinar el costo de los coextruido, tomando en cuenta la merma por humedad)

Tabla # 20.- Costo de coextruidos

Costo del subproducto	Con		Sin	
	Con	Sin	Con	Sin
Flete				
Coextruido sencillo \$/Kg.	2.77	2.63	2.55	2.41
Coextruido doble \$/Kg.	2.77	2.66	2.38	2.26

## COSTO TOTAL DE DIETAS

Haciendo los cálculos del costo de las dietas con los precios de los coextruidos calculados en la tabla # 20 y tomando en cuenta el costo por porcentaje de inclusión de los coextruidos y de el resto de los ingredientes, los resultados son los siguientes:

Tabla # 21.- Costo total de dietas y costo por Kg. de camarón producido.

	DIETAS						
	1	2	3	4	5	6	7
1	3.00	3.09	3.11	3.15	3.11	3.27	3.19
2	3.00	3.09	3.11	3.01	3.00	3.27	2.99
TCA <sup>3</sup>	2.75	2.94	2.81	2.80	2.89	3.11	2.67
Costo/Kg. de camarón producido							
1	8.25	9.08	8.74	8.82	8.99	10.17	8.42
2	8.25	9.08	8.74	8.43	8.67	10.17	7.89

1 Con costo en flete y en subproductos

2 Sin costo en flete ni en subproductos

3 Tasa de Conversión Alimenticia



---

En el caso del presente experimento, solo aparece un beneficio zootécnico para la dieta 7 con doble coextruido (TCA = 2.68 contra 2.75 para la dieta # 1), que se traduce por una ligera reducción del costo de producción de un kilo de camarón (solo en ausencia de costo de flete y subproducto). Es muy probable que este beneficio sea anulado si se tomara en cuenta el costo del secado.

Solo será justificado el uso de coextruidos si se demuestran mayores beneficios zootécnicos, posiblemente en condiciones de cultivo semiintensivos, en los cuales el factor atractante del alimento cobra una importancia mucho mayor para el buen aprovechamiento del alimento artificial.

---

## CONCLUSIONES

- ✿ El proceso de extrusión permitió obtener productos estables con buena textura y eliminar un 30% de la humedad inicial.
- ✿ Las propiedades atractantes de los subproductos de camarón fueron conservadas.
- ✿ La calidad nutricional de los subproductos fue afectada por una parte del proceso anterior al secado o a la coextrusión, sin embargo el valor nutricional se mantuvo igual después de seguir estos dos tipos de procesos.
- ✿ La adición de subproductos de camarón disminuye la estabilidad de las dietas, sin embargo este efecto es menor cuando el subproducto se agrega en forma de coextruido que en forma de harina.
- ✿ El costo de incluir camarón en las dietas por medio de coextruidos es igual o inferior que con harina de camarón.
- ✿ Al contrario de lo demostrado en estudios anteriores, no se encontró el efecto promotor de crecimiento de los subproductos de camarón, posiblemente a causa de un proceso de hidrólisis durante y posterior a la molienda en el subproducto.

---

## RECOMENDACIONES

Nos permitimos hacer las siguientes recomendaciones para posibles estudios posteriores con subproductos de camarón coextruidos con algún otro ingrediente, a fin de tener mayores bases para discutir más ampliamente:

Con respecto a los subproductos de camarón, es necesario analizarlos químicamente inmediatamente después de obtenerlos en la planta procesadora, en caso de no procesarlos en estado fresco.

Si los subproductos de camarón se congelan para su uso posterior, también se recomienda analizarlos antes y después de congelarlos, ya que la proteína tiende a agregarse en el proceso de congelación y esto puede dar como resultado una mala calidad de la proteína.

Sería interesante estudiar el efecto de la molienda precoz del subproducto, previa a su congelación sobre la calidad de la proteína.

Se recomienda hacer un mayor número de análisis a la materia prima antes de procesarla, no solamente un análisis bromatológico, el cual solo nos indica cantidad y no calidad.

Con respecto a los coextruidos, unificar el tamaño de partícula de los ingredientes a coextruir.

---

**BIBLIOGRAFIA**

- Akiyama, D.M.* 1991. Soybean meal utilization by marine shrimp. Review in Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.M. Ten (Editors) September 19 - 25, 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 207-225.
- A.O.A.C.* 1990. Official methods of analysis. Edited by Kenneth Helrich. 15 Th. Edition. Arlington, Virginia. USA.
- Akiyama, D.M.* 1993. El uso de productos a base de soya y de otros suplementos protéicos vegetales en alimentos para acuicultura. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Cruz-Suárez L. E., D. Ricque y R. Mendoza (Editores). 22-24 de Febrero de 1993. FCB/UANL, Monterrey, N.L. México. pp 257-269
- Akiyama, D.M., W.G. Dominy, A.L. Lawrence.* 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. Review in Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.M. Ten (Editors) September 19 - 25, 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 80-98.
- Alanis, G.G. y C.L. García.* 1993. Manual de análisis de alimentos. Técnicas analíticas utilizadas en control de calidad. FCB/UANL, Monterrey, N.L. Febrero de 1993. pp 3-30
- Badui, D.S.* 1993. Química de los alimentos. Tercera edición. Editorial Alhambra Mexicana. S.A. de C.V. 648 pp.
- Botting, Ch.* 1991. Extrusion Technology in aquaculture feed processing. Review in Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.M. Ten (Editors) September 19 - 25, 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 129-137
- Camba, N.* 1982. Manual de métodos de análisis de productos pesqueros . Boletín Científico y Técnico. Vol V, # 4 . Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador.
- Carver, L.A., D.M. Akiyama, W.G. Dominy.* 1989. Processing of wet shrimp heads and squid viscera with soymeal by a dry extrusion process. ASA Technical bulletin, Vol. 3 AQ 16 89-4.

- Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, J.A. Martínez-Vega, P. Wesche-Ebeling.** 1993a. Evaluation of two shrimp by-product meals as protein sources in diets for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 115. pp 53-62.
- Cruz Suárez, L.E., I. Abdo de la Parra, D. Ricque M.** 1993b. Evaluación de 2 harinas de pescado chilenas y de 2 hidrolizados de pescado sobre el crecimiento del camarón blanco *Penaeus vannamei*. Reporte final. FCB/UANL. Monterrey, N.L. Junio de 1993.
- Cheftel, J. C., J. Cuq, D.Lorient.** (1989) Proteínas alimentarias. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp 346 pp.
- Choudhury, G.S.** 1995. Application of extrusion technology to process fish muscle. Review in: *Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture*. Lim, Ch. and D.J. Sessa (Editors). AOCS Press. Champaign, Illinois, USA pp 233-245.
- Dale, N.** 1992. Solubilidad de la proteína: Indicador de procesado de la harina (pasta de soya. ASA/México, A.N. No. 89, Mayo 1992. 11 pp.
- Dominy, W.G y Ch. Lim.** 1991. Evaluation of soybean meal extruded with wet squid viscera as source of protein in shrimp feeds. Review in *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop*. Akiyama, D.M. and R.K.M. Ten (Editors) September 19 - 25, 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 116-120
- Fellows, P.** 1994. Extrusión. Revisado en *Tecnología del proceso de los alimentos: Principios y prácticas*. Fellows (Editor). Editorial Acribia, S.A. España. pp 274-284
- Fox, C.J.** 1993. The effect of dietary chitin on the growth, survival and chitinase levels in the digestive gland of juvenile *Penaeus monodon* (Fab.). *Aquaculture*, 109. pp. 39-49.
- Fox, C.J., P. Blow, I. Watson.** 1994. Processing of shrimp head waste for incorporation into shrimp feeds: The effect of various processing methods on the physical and biochemical properties of meals prepared from shrimp head waste and the effect of incorporating shrimp head meals into a fish meal based diet on the growth, survival and carcass composition of juvenile. *Aquaculture*, 122. pp 209-226.
- Goldhor, S.H., R.A. Curren, J.M. Regenstein.** 1989. Current sea food processing waste utilization options as a function of scale of raw material production. *Advances in Fisheries Technology For Increased Profitability*. Edited by M.N. Voigt, J. R.Botta. St. John's, N.F. Canadá. pp 299-304
- Joseph, J.D. and S.P. Meyers.** 1975. Lipid fatty acids composition of shrimp meals and crustacean diets. Reprinted from *Feedstuffs*, September 1, 1975 (Vol. 47, No.35)

- Kearns, J. P.** 1991. Extrusion of aquatic feeds. Review in *Advances in Food Technology*. pp. 40-57.
- Kearns, J. P.** 1993 Método Wenger para la extrusión de alimentos acuícolas. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Cruz- Suárez, L.E., D. Ricque y R. Mendoza (Editores) 22-24 de Febrero de 1993. FCB/UANL, Monterrey, N.L. México. pp 431-464
- Kearns, J. P.** 1994. Extrusion de proteínas texturizadas. *Soya Noticias*. Abril-Junio de 1994. año XXIII. No. 237, pp 1-12.
- Kiang, M.J.** 1990. La extrusión como herramienta para mejorar el valor nutritivo de los alimentos. Memorias del seminario: Extrusión en alimentos balanceados., Guadalajara, Jal. 6 de Diciembre de 1990. Asociación Americana de Soya. pp 33-48.
- Kiang, M.J.** 1994. Reciclamiento de subproductos para la elaboración de alimentos acuáticos por medio del proceso de extrusión en seco. Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mendoza A.R., E. Cruz-Suárez. y D. Ricque (Editores) FCB/UANL, Monterrey , N.L .pp 337-344
- Lim, Ch. and W. G. Dominy.** 1993, Substitución de harina comercial de soya por soya integral en dietas para camarón, *Penaeus vannamei*. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Cruz-Suárez L. E., D. Ricque y R. Mendoza (Editores) 22-24 de Febrero de 1993. FCB/UANL, Monterrey, N.L. México. pp 271-290
- Martinez, V.A.** 1991. Evaluación de dos subproductos de camarón en forma de harina como fuente proteica en dietas balanceadas para *Penaeus vannamei*. Tesis Licenciatura. FCB/UANL. Noviembre de 1991. San Nicolás de los Garza, N.L.
- Mendoza, A. R.** 1993. Utilización de fuentes de proteína no convencionales y reciclamiento de subproductos para acuicultura. Memorias del Curso Teórico-Práctico sobre Extrusión y sus aplicaciones en Nutrición Animal. Cruz-Suárez L. E., D. Ricque y R. Mendoza (Editores). 12-13 de Agosto de 1993. FCB/UANL. Monterrey, N.L. México. 29 pp.
- Meyers, S.P., J.M. Rutledge and S.C. Sonu,** 1973. Variability in proximate analysis of different processed shrimp meals. *Feedstuffs* 45 (47):34.
- Meyers, S.P.** 1986. Utilization of shrimp processing wastes. *Infotish Marketing Digest* 4/86.
- Miller, R. C.** 1996. Costo del proceso de extrusión: inversion y operación. *Soya-noticias*, Enero-Marzo 1996, año XXV, No. 244. pp 1-3.

- Naczk, M., F. Shahidi.** 1989. Chemical composition and chitin content of crustacean offal. *Advances in Fisheries Technology For Increased Profitability*. Edited by M. N. Voigt, J. R. Botta. St. John's, N.F, Canada. pp 299-304.
- National Research Council.** 1983. Nutritional requirements of domestic animals requirements of warmwater fishes. National Academy of Sciences. Washintong, D.C.
- Pike, I.H., and R.W. Hardy.** 1992. Shrimp feed ingredient quality standards. I.A.F.M.M. In: Cruz-Suarez, L.E. y D. Ricque (compiladores). *Compilado de documentos: Harinas y Aceites de Pescado en Nutrición Animal*. FCB/UANL. Noviembre de 1992. 176 pp.
- Pan, B.S.** 1989. Recovery of shrimp waste for flavourant. *Advances in Fisheries Technology For Increased Profitability*. Edited by M.N. Voigt, J. R. Botta. St. John's, N.F, Canada. pp 437-452.
- Pelcastre, V., A.L. Melo, L.E. Cruz, D. Ricque.** 1995. Reciclamiento de subproductos acuícolas para alimento de bagre por el proceso de extrusión en seco. Abstract. Libro de Resumenes del 46o Congreso anual del P.F.T. 5-8 de Febrero de 1995, Mazatlan, Sin. México.
- Pelcastre, V.M.** 1996. Desarrollo de coextruidos de pasta de soya (*Glycine max*) y subproductos de carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) para nutrición de bagre (*Ictalurus punctatus*) Tesis de Maestría FCB/UANL. Agosto de 1996. San Nicolás de los Garza, N.L.
- Ponce, P. J. y J. S. Torres.** 1990. La estabilidad en el agua de los alimentos balanceados para crustáceos. *Memorias Curso-Taller: Tópicos sobre nutrición y alimentación acuícola*. AMENA-UAEM, Cuernavaca, Morelos. pp
- Ricque, D. y G. Alanis.** 1993. Cambios químicos y nutricionales en los alimentos durante la extrusión. *Memorias del Curso Teórico-Práctico sobre Extrusión y sus aplicaciones en Nutrición Animal*. Cruz-Suárez L. E. D. Ricque y R. Mendoza (Editores). 12-13 de Agosto de 1993. FCB/UANL. Monterrey, N.L. México. 12 pp.
- Robinson, E.H., J.K. Miller, V. M. Vergara, G. A. Duchame.** 1985. Evaluation of dry extrusion-cooked protein mixes as replacements for soybean meal and fish meal in catfish diets. *Prog. Fish Culture*. 47(2), April, 1985. pp 102-109.
- Robinson, E.H., and H. L. Meng.** 1994. Use of plant proteins in catfish feeds: replacement of soybean meal and cottonseed meal. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol 25, No. 2.
- Rokey, G. and G. Huber.** (sin año). Extrusion processing of aquatic feeds. Sin referencia.

- Ruiz, B y H. Navarro.** 1992. La solubilidad de proteína para determinar la calidad de la pasta o harina de soya. Memorias del seminario Técnico Avícola. ASA. Abril de 1992.
- Sanchez, M. J.L.** (1995). Evaluación de dos hidrolizados de pescado como fuente de proteína en dietas para el camarón blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura FCB/UANL. Monterrey, N.L. Marzo de 1995. 52 pp.
- Stanley, D.W.** 1989. Protein reactions during extrusion cooking. Mercier, C., P. Linko, J.M. Harper (Editors). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A. Chapter 10, pp 321-341.
- Tacon, A.G.J.** 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de Capacitación. Programa cooperativo Gubernamental. Documento de Campo No. 4. Proyecto Aquila IIGCP/RLA/102 ITA. Brasil. 572 pp.
- Treviño, C. L., A. Celis.** 1995. Uso de soya en acuicultura. Soyanoicias, Enero-Marzo de 1995. Año XXIV No. 240. pp 13-21.
- Vohra, P. y F.H. Kratzer.** 1991. Evaluation of soybean meal determines adequacy of heat treatment. Review in Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.M. Ten (Editors) September 19 - 25, 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 116-120
- Woodrooffe, J.M.** 1993. Dry extrusion applications in the feed industry. American Soybean Association. Technical Bulletin. A.Q.40 1993/5. pp 1-16.

## LITERATURA CONSULTADA Y NO CITADA EN EL TEXTO

- Akimoto, A., T.Takeuchi, S. Satoh, T. Watanabe.** 1992. Effect of extrusion processing on nutritional value of brown fish meal diets for rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi 58(8), pp 1477-1482.
- Clark, D. J., A. L. Lawrence, D.H.D. Swakon.** 1993. Apparent chitin digestibility in penaeid shrimp. Aquaculture, 10. pp 51-57.
- Cuzon, G., J. Guillaume, C. Cahu.** 1994 Composition, preparation and utilization of feeds for crustacea. Aquaculture 124. pp 253-267.
- De Mann, J. M.** 1990. Principles of food chemistry. Segunda edición. Editorial An AVI Book. pp 89-142



- Devresse, B.** 1995. Nutrient Levels in some commercial shrimp feeds and feed ingredients of Asia and Latin America -a comparative analysis
- Finne, G.** 1992. Non-protein nitrogen compounds in fish and shellfish. *Advances in Seafood Biochemistry composition and quality*. Edited by George J. Flick, J.R., Roy E. Martin. New Orleans, Louisiana pp 393-401.
- Johnson, L.** 1992. Recovery of pigments and chitin from pink shrimp peeling wastes. *Advances in Seafood Biochemistry composition and quality*. New Orleans, Louisiana, Edited by George J. Flick, J.R., Roy E. Martin. pp 123-134
- Kanazawa, A.** 1989. Protein requirements of penaeid shrimp. *Advances in Tropical Aquaculture*. Tahiti. Feb 20- March 4, 1989. Aquacop. Ifremer. Actes de Colloque 9 pp 261-270.
- Lawrence, A. L., F.L. Castille, L.N. Sturmer, D.M. Akiyama.** 1986. Nutritional response of marine shrimp to different levels of soybean meal in feeds,. American Soybean Association,
- Lehninger, A.L.** 1989. *Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular*. Ediciones Omega. Segunda edición. Barcelona, España. pp 59 - 187.
- Pongmaneerat, J. y T. Watanabe.** 1993. Effect of extrusion processing on the utilization of soybean meal diets for rainbow Trout. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59(8) pp 1407-1414.
- Sudaryono, A., M.J. Hoxey, S.G Kailis, L.H. Evans.** (1995). Investigation of alternative protein sources in practical feeds for cultured juvenile marine shrimp *Penaeus monodon*. Fabricius. *Aquaculture*. in press.
- Watanabe, T. y J. Pongmaneerat.** 1993. Potential of soybean meal as a protein source in extruded pellets for rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 (8), pp 1415-1423.
- Woyewoda, A. D., S. J. Shaw, P.J. Ke, B. G. Burns.** 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. No. 1448. pp 15-25

---

## ANEXOS

### Anexo # 1.- METODO PARA DETERMINAR LA SOLUBILIDAD DE LA HARINA DE SOYA.

#### Reactivos

- Hidróxido de potasio (KOH) 0.2%
- Reactivos que se usan normalmente para la determinación de proteína por el método Kjeldahl.

#### Procedimiento

- Tomar 1.5 g. de harina de soya en un recipiente de 250 ml, adicionar 75 ml de la solución de KOH y mezclar durante 20 min.
- Transferir 50 ml. del líquido a un tubo de centrifuga y centrifugar durante 10 min. a 2700 rpm.
- Tomar 15 ml para la determinación de la proteína por el método de Kjeldahl.
- De acuerdo con este procedimiento, los 15 ml son equivalentes a 0.3 g. de la muestra original.

#### Cálculos

$$\% \text{ de solubilidad de la proteína} = \frac{\% \text{ de proteína en } 0.3 \text{ g. de muestra}}{\text{Proteína cruda de la muestra original}}$$

---

## Anexo # 2.- DETERMINACION DE PROTEINAS SOLUBLES (METODO DE KJELDAHL)

### Técnica:

- 1) En un matraz de 150 ml de capacidad pesar: 5 g de muestra (Harina de camarón)
- 2) Agregar 75 - 95 ml. de agua destilada.
- 3) Calentar a baño maría (hasta ebullición).
- 4) Agitar de vez en cuando.
- 5) Enfriar.
- 6) Enrasar el matraz con agua destilada.
- 7) Mezclar el contenido para homogenizar.
- 8) Filtrar la solución (usando papel filtro grueso) o centrifugar.
- 9) Tomar 25 ml del filtrado y determinar proteína por el método de Kjeldahl.

### Cálculos:

$$\% \text{ de proteínas solubles} = \frac{\text{Proteínas solubles}}{\text{Proteínas brutas}} \times 100$$

Anexo # 3.- Cálculos para determinar el costo de los coextruidos, tomando en cuenta la merma por humedad.

### CON COSTO DEL SUBPRODUCTO

Concepto	Sin Flete		Con Flete	
	32/68	doble32/68	32/68	doble 32/68
P.Soya	1.6	0.00	1.600	0.000
Subp.Camarón	0.16	0.160	0.160	0.160
Proceso	0.142	0.142	0.242	0.142
Coext32/68		1.79	0.00	1.88
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.90</b>	<b>\$2.09</b>	<b>\$2.00</b>	<b>\$2.19</b>
Merma por humedad	<b>\$2.63</b>	<b>\$2.65</b>	<b>\$2.77</b>	<b>\$2.77</b>

### SIN COSTO DEL SUBPRODUCTO

Concepto	Sin Flete		Con Flete	
	32/68	doble32/68	32/68	doble 32/68
P.Soya	1.60	0.000	1.600	0.000
Subp.Camarón	0.00	0.000	0.000	0.000
Proceso	0.14	0.142	0.242	0.142
Coext32/68	0.00	1.64	0.000	1.73
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.74</b>	<b>\$1.78</b>	<b>\$1.84</b>	<b>\$1.88</b>
Merma por humedad	<b>\$2.41</b>	<b>\$2.26</b>	<b>\$2.55</b>	<b>\$2.38</b>

## Anexo # 4.- PRECIOS DE MATERIAS PRIMAS Y PROVEDORES

INGREDIENTE	N\$/KG	PROVEDOR
P.Soya	1.40	Proteínas Naturales, Mty
P.Soya Extruida	1.83	
Coext 32/68	1.54	
Doble Coextruido	1.54	
H.Camarón	5.00	Anderson Clayton
H.Pescado	3.30	Anderson Clayton
H.Trigo	2.30	Galletera Santos (Gamesa)
Aceite Pescado	2.50	Anderson Clayton
Fosfato monosódico	7.15	Técnicas Nutricionales, Mty.
DL-Metionina	22.37	Técnicas Nutricionales, Mty.
Lecitina Soya	3.20	
Gluten trigo	1.70	
Antiox ETQ	25.00	Técnicas Nutricionales, Mty.
Vit. C	132.30	Técnicas Nutricionales, Mty.
Premix. Vit.	132.00	Técnicas Nutricionales, Mty.
Cloruro de colina 60%	7.60	Técnicas Nutricionales, Mty.
Inositol	157.50	Técnicas Nutricionales, Mty.
Carbonato de calcio	0.40	Técnicas Nutricionales, Mty.

