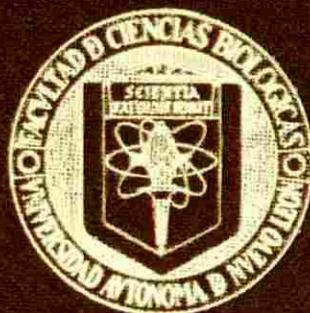


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



“DESARROLLO DE COEXTRUIDOS DE PASTA DE
SOYA (*Glycine max*) Y SUBPRODUCTOS DE CARPA
HERBIVORA (*Ctenopharyngodon idella*) PARA
NUTRICION DE BAGRE (*Ictalurus punctatus*)”

TESIS

Recursos Alimenticios y Producción Acuícola
Como requisito parcial para obtener el
Grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en

PRESENTA

BIOL. MARIO PELCASTRE VILLEGAS

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.
AGOSTO DE 1996



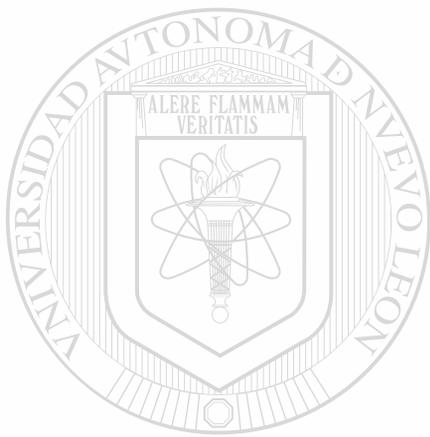
TM

SH167

.R3

P4

C.1



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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



**"DESARROLLO DE COEXTRUIDOS DE PASTA DE SOYA (*Glycine max*) Y
SUBPRODUCTOS DE CARPA HERBIVORA (*Ctenopharyngodon idella*) PARA
NUTRICION DE BAGRE (*Ictalurus punctatus*)"**

TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

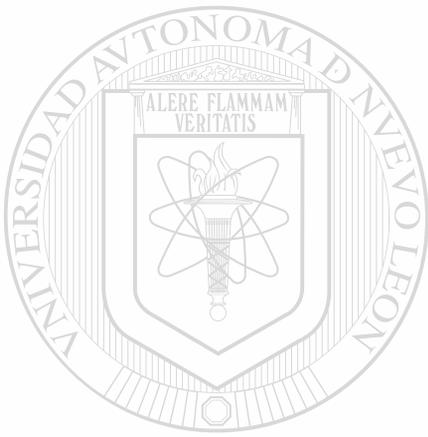
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Como requisito parcial para obtener el
Grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en
Recursos Alimenticios y Producción Acuícola

PRESENTA

BIOL. MARIO PELCASTRE VILLEGAS

T4
SH167
.B33
P4



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



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



**"DESARROLLO DE COEXTRUIDOS DE PASTA DE SOYA (*Glycine max*) Y
SUBPRODUCTOS DE CARPA HERBIVORA (*Ctenopharyngodon idella*) PARA
NUTRICION DE BAGRE (*Ictalurus punctatus*)"**

TESIS

Como requisito parcial para obtener el
Grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en
Recursos Alimenticios y Producción Acuícola

PRESENTA

BIOL. MARIO PELCASTRE VILLEGAS

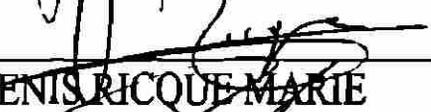
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

H. COMISION DE TESIS

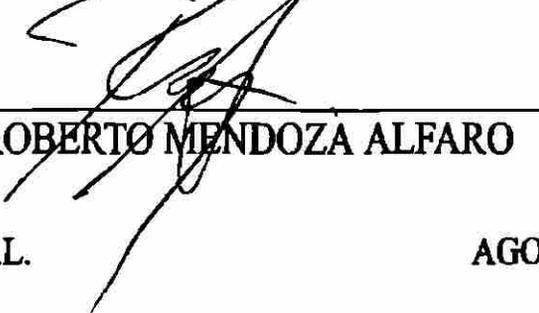
Presidente
y Director


DRA. L. ELIZABETH CRUZ SUAREZ

Secretario
y Co-Director


DR. DENIS RICQUE MARIE

Vocal


DR. ROBERTO MENDOZA ALFARO

DEDICATORIA

A mis padres :

Néstor Pelcastre Rivera y Aurelia Villegas Cuenca.

Por su cariño y apoyo incondicional, por ser ejemplo de trabajo continuo, por impulsarme para superarme aún más, por darme ánimos para no decaer en los momentos más difíciles de mi vida, y sobre todo, por creer en mí. Los quiero mucho.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

A mis hermanos :

Jorge, Ricardo y Aurelia.

Por su apoyo moral, el afecto y la confianza recibidos en el tiempo que he estado fuera de casa.

AGRADECIMIENTOS.

A la Dra. Elizabeth Cruz Suárez y el Dr. Denis Rique Marie, por la revisión del presente trabajo y sus acertadas observaciones, por brindarme toda su confianza, por su valiosa amistad y el apoyo recibidos para este estudio.

Al Lic. Miguel Arce de la Garza, Ex-Director Gral. de Acuacultivos Mexicanos, S.A. de C.V., por el aporte inicial de ingredientes y peces para desarrollar este trabajo.

Al Dr. Carlos Jáuregui Hintze, Dir. Gral. de Acuacultivos Mexicanos, S.A. de C.V., por el aporte final de ingredientes y peces para la realización final de este trabajo, y por permitirme ensayar con mis propuestas de dietas en la granja.

Al Ing. Wilfrido Dusolier, por facilitarnos las instalaciones del Campo Agrícola del ITESM, para desarrollar el bioensayo, y por su amistad.

A la M.C. Adriana núñez, por su asistencia en la determinación de calcio de todas las muestras.

A Daniel Iruegas, por su asistencia y paciencia en todo el proceso de estandarización de los alimentos en el extrusor y la realización del bioensayo.

Al Ing. Alma L. Melo, por su asistencia en el desarrollo de los coextruidos.

Al Ing. Oscar M. Loaiza J., por su asesoría en algunos programas computacionales y el ordenamiento final de la tesis.

Al Ing. David Montaña A., por su asistencia en la toma de diapositivas de mis seminarios y la presentación final de este trabajo.

A Adriana García Flores, por su apoyo moral, amistad y confianza a lo largo de mi estancia en el laboratorio.

A la Biól. Uly Schollz, por su asistencia en la redacción del abstract.

Al CONACyT, por el apoyo económica recibido durante 2 años y medio.

Al Dr. Roberto Mendoza Alfaro, por la revisión final de este trabajo y su amistad.

A mis compañeros del departamento : Octavio Rosas, José Avendaño y Daniel Garza, por los buenos y malos momentos vividos en estos 3 años de estancia en Monterrey.

A mis compañeros del Programa Maricultura : Ing. Mireya Tapia, Ing. Beatriz E. Ponce, Ing. Martín Camarena, Biól. Adrián Salgado, Biól. Martha Nieto, Biól. Alejandra Rocha, Biól. José Tobías Chavana, M.C. Jesús Montemayor, M.C. Carlos Aguilera, M.C. Graciela García, por su apoyo moral y su amistad.

DEDICATORIA ESPECIAL.

A Patty :

Agradezco infinitamente tu apoyo incondicional, tu confianza, cariño y motivación para no declinar en los momentos más difíciles de mi trabajo, por todo el tiempo que no pudimos compartir juntos y por ser la mujer más especial en mi vida.



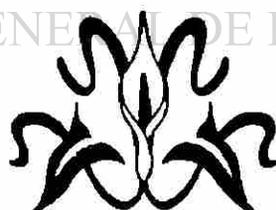
Te quiero. ♥

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



RESUMEN.

La búsqueda de nuevas fuentes de proteína de alta calidad y bajo costo para incorporación en alimentos balanceados, es actualmente tema de investigación dentro de la nutrición acuícola. En el presente estudio se propusieron la elaboración de coextruidos de pasta de soya (s) y subproductos de carpa herbívora (p), producidos en plantas de fileteado para ser incorporados en alimentos para engorda de bagre de canal *Ictalurus punctatus*, por su bajo costo y calidad nutricia y para estabilizarlo como ingrediente seco coextruyéndolo con pasta de soya, obteniendo una buena fuente de proteína al coextruirlos juntos en diferentes proporciones : 70 s:30 p, 60 s:40 p y 50 s:50 p. En la primera parte de este estudio se determinaron los parámetros de proceso en el extrusor, para obtener productos coextruidos de calidad constante y reproducible. La temperatura y amperaje promedio durante el proceso de extrusión en seco variaron significativamente ($p < 0.05$) desde 146 a 126 °C y de 71 a 46 amperes, dependiendo de la relación pasta de soya-subproductos de pescado, también hubo diferencias significativas en la humedad inicial de las mezclas antes de ser extruidas ($p < 0.05$) y en la humedad final de los productos extruidos saliendo del extrusor ($p < 0.05$), obteniendo la menor pérdida de agua ($p < 0.05$) en el coextruido más húmedo (50 s:50 p), ya que el calor producido en el extrusor fue el más bajo (126°C). Se obtuvo alta correlación entre la temperatura y amperaje de proceso y la humedad inicial de las mezclas. El nivel de proteína, ceniza y fibra de los coextruidos fue muy similar ($p > 0.05$), pero no para lípidos, ELN, calcio y fósforo ($p < 0.05$). La solubilidad de proteína no varió significativamente en los coextruidos ($p > 0.05$), a pesar de las diferentes temperaturas de proceso ($p < 0.05$), obteniéndose una nula correlación entre estos parámetros. La Capacidad de Retención de Agua (CRA) de la soya texturizada disminuyó con la adición de subproductos de carpa herbívora al 30 y 40 %, pero al 50 % de inclusión volvió a aumentar, siendo aún más bajo que la soya texturizada ($p < 0.05$). El costo de producción por tonelada de coextruido fue más barato para el coextruido de mayor inclusión de pescado (50 s:50 p), resultando con un precio muy similar a la pasta de soya comercial, pero esta presenta un menor valor nutricional. En la segunda parte fueron determinados los parámetros de proceso en el extrusor para obtener alimentos peletizados expandidos y flotantes con la inclusión de coextruidos. Se prepararon 5 dietas (D), incluyendo en la dieta 1, 2, 3 y 4 pasta de soya texturizada y los coextruidos elaborados en un 45 % respectivamente, como ingredientes de mayor aporte proteico. En la dieta 5 fueron incluidos pasta de soya y subproductos de carpa herbívora sin proceso. Las dietas no fueron respectivamente isoproteicas o isolipídicas, ya que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dietas. La temperatura media de proceso fue de 106 °C y el amperaje promedio registrado fue de 61 amperes, presentando ambos diferencias significativas durante el proceso de elaboración de dietas ($p < 0.05$). No hubo diferencias significativas en la humedad inicial de las dietas 1,2 3 y 4, pero sí en la dieta 5 ($p < 0.05$) antes de ser extruidas. La humedad final de las mismas presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), y fue un poco mayor que la humedad inicial, porque fue necesaria la inyección de agua durante el proceso. La mayor expansión de pelets obtenida fue para la D3,D4 y D5, y la menor para la D1 y D2, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$), y una alta correlación con el % de flotación y la temperatura de proceso. El costo de producción por tonelada de dietas extruidas para bagre con los coextruidos fue menor para la dieta 4 (c/coe 50 s:50 p). La D1 (c/soya extruida) fue la más cara de todas las dietas, y la D5 (pasta de soya y pescado sin proceso) fue la más barata de todas las dietas. Al comparar el costo de producción de las dietas 4 y 5 (las más baratas) con dietas conteniendo harina de pescado incluidas en la misma razón que los subproductos de pescado en materia seca (10 y 5 % respectivamente), las dietas con harina de pescado resultaron más caras debido al alto costo del ingrediente. En la tercera parte, un bioensayo de 48 días fue conducido en bagre de canal (peso promedio 23 g) en jaulas flotantes cilíndricas experimentales empleando las dietas elaboradas, además una dieta (D6) conteniendo un doble coextruido soya-camarón incluida también en un 45 % (% de cabeza de camarón incluido en materia seca es de un 10 %) y una dieta comercial (D7) como control externo, con el objetivo de probar su valor nutricional. La temperatura del agua varió de 18-25 °C (promedio 22.3 °C). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en ganancia en peso, consumo de alimento, TCA y PER, excepto en la tasa de sobrevivencia ($p > 0.05$). Los peces alimentados con las dietas 4,5 y 7 presentaron la mayor ganancia en peso (50 %) y la más baja TCA (1), no presentando diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$), excepto en PER, donde la D4 obtuvo el valor más alto (3.55), debido al menor consumo de alimento y su baja TCA. Las dietas sin pescado(D1) o con baja inclusión de éste(D2) o donde la pasta de soya fue extruida a altas temperaturas más de 1 o 2 veces(D1, D2 y D6), no mostraron buena respuesta, debido tal vez al daño nutricional ocasionado por la temperatura del proceso a ambos ingredientes. Dentro de la razón costo-beneficio obtenida, las dietas 4 y 5 son las más baratas para emplear en producción de bagre de canal, concluyendo que, el uso de coextruidos con la mayor inclusión de pescado puede dar buenos resultados en TCA y PER y ser económicamente viables para producción de alimentos para bagre, sin embargo es necesario correr el experimento a temperaturas más elevadas (28-30 °C) para obtener mayor incremento en peso (al menos 200 %) y poder hacer una buena recomendación nutricional.

ABSTRACT

Today, the search for a high quality protein source at a reasonable cost for well balanced artificial diets is receiving increasing attention. In this study, soybean meal (s) and grass carp by-products (f), from a commercial fish processing plant were coextruded to produce diets for on-growing channel catfish *Ictalurus punctatus*. The diets contained 70 s:30 f, 60 s:40 f, 50 s:50 f soybean meal / fish by-product respectively. The use of grass carp by-products presents benefits because of its low cost and high nutritional quality, while it can be stabilized as a dry ingredient if coextruded with soybean meal, providing a good source of protein. In the first part of the study, the processing parameters in the extruder were determined to obtain coextruded products of consistent, replicable quality. The average temperature and amperage during the dry extrusion process varied significantly ($p < 0.05$) between 146 °C to 125 °C and 71 to 46 amperes, depending of the ratio of soybean meal to fish by-products in the mixer before the extrusion process. Significant differences ($p < 0.05$) were also found both in the initial moisture content of the ingredients and in the final moisture content ($p < 0.05$) of the coextruded products. Moisture loss in the coextruded product containing more humidity (50 s: 50 f) was significantly lower ($p < 0.05$) than in the other two products because the heat produced in the extruder was lower. A high correlation was found between temperature, amperage and moisture content in the product. No significant differences ($p > 0.05$) were found in the protein, ash and fiber levels of the coextruded products, while the fat, NFE, calcium and phosphorus levels of the different coextruded products gave significant differences ($p < 0.05$). No significant differences ($p > 0.05$) were found in the coextruded protein solubility, which remained undamaged by the different processing temperatures thus giving no correlation between both parameters. The amount of water absorption by texturized soybean meal was found to be significantly lower ($p < 0.05$) when fish by-products were added at 30% and 40 %, but when fish by-products were included at 50 % the amount of water absorption was increased, but it was still lower than texturized soybean meal only. The production cost per ton of coextruded product was cheaper for coextruded 50 s:50 f, being very similar in cost to soybean meal, which is of lower nutritional value when compared to coextruded 50 s:50 f. In the second part of the study, the process parameters in the extruder were determined to get floating and expanded pellets. Five diets (D) were formulated, including 45% of texturized soybean meal in diet D1 and 45 % of coextruded 70s:30f, 60s:40f and 50s:50f in diets D2, D3 and D4 respectively. In diet D5, raw fish by-products and soybean meal were included at 18.1% and 33.44 % respectively. Although the diets were similar in protein and fat levels, they were still found to be significantly different ($p < 0.05$) for all diets. The average temperature and amperage during the dry extrusion process was 106 °C and 61 amperes respectively, giving significant differences ($p < 0.05$) for both parameters during the extrusion process. No significant differences ($p > 0.05$) were found in the initial moisture content of the experimental diets D1, D2, D3 and D4 before processing, but significant differences ($p < 0.05$) were found with diet D5. In the pellets, final moisture after extrusion was significantly higher ($p < 0.05$) than initial moisture, because water was injected into the extruder during the extrusion process. Diets D3, D4 and D5 had similar expansion which was significantly higher ($p < 0.05$) than diets D1 and D2. A high correlation was found between processing temperature and floating percentage. The production cost per ton of pelleted extruded feed for channel catfish was cheapest for diet D4 (50 s:50 f). Diet D1 (with texturized soybean meal) was the most expensive of all diets, and diet D5 (unprocessed fish by-products and soybean meal) was the cheapest of all diets. When the production cost of diets D4 and D5 was compared to a further 2 diets containing fish meal at the same inclusion level (10 and 5% respectively) as the dry matter fish by-products of D4 and D5; the diets containing fish meal were found to be more expensive, due to the high cost of the fish meal. In the final part of the study, a bioassay was conducted for 48 days with channel catfish *Ictalurus punctatus* (initial average weight 23 g), held in floating plastic net cylindrical cages, suspended in a pond. The fish were fed with the experimental diets, with the objective to test their nutritional value. Additionally, a diet (D6) was made containing doubly coextruded shrimp:soybean meal, included at 45 % (shrimp heads included in dry matter at 10 %) and a commercial diet (D7) was used as external control. The temperature in the pond ranged from 18-25 °C (average = 22.3 °C). Significant differences ($p < 0.05$) were found between weight gain, feed consumption, FCR and PER for all diets, but not for survival ratio ($p > 0.05$). The fish fed on diets D4, D5 and D7, showed no significant differences ($p > 0.05$) and displayed the highest weight gain (50 %) and the lowest FCR (1). Only diet D4 displayed a significantly higher ($p < 0.05$) PER (3.55) of all diets tested, due to less feed consumed and lower FCR. The diet containing no fish by-products (D1), the one including it in low amounts (D2) and those with soybean meal extruded at high temperatures more than once (D1, D2, D6), did not give a good performance, probably due to nutritional damage caused by the high processing temperatures of the ingredients. The cost-benefit ratio proved diets D4 and D5 to be the cheapest to feed in channel catfish growout. In conclusion, the use of coextruded diets with the highest inclusion of fish by-products gives best FCR and PER values, and it may be economically important to include these ingredients in channel catfish growout feeds, but it is necessary to develop a bioassay using higher temperatures (28-30 °C), to obtain highest weight gain (at least 200 %) to give a good nutritional recommendation.

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	3
EXTRUSION	3
Definición	3
Historia	3
Principales componentes de proceso en el extrusor	4
Zonas de proceso	5
EFFECTOS DEL PROCESO DE EXTRUSION SOBRE ALIMENTOS	
ACUICOLAS	6
En microorganismos	6
En almidones	6
En las proteínas	6
En la fibra	7
En las grasas	7
En minerales y vitaminas	7
En aditivos alimenticios	7
APLICACIONES DEL PROCESO DE EXTRUSION	8
En el procesamiento de oleaginosas	8
Procesamiento de otros ingredientes	8
Productos industriales.	8
Alimentos completos	8
En alimentos humanos	8
Aprovechamiento de subproductos orgánicos húmedos	9
Comparación de alimentos extruídos y peletizados	9
APLICACION DEL PROCESO EN LA ELABORACION DE COEXTRUIDOS	10
Utilización de subproductos húmedos	10
Coextrusión de subproductos acuícolas con pasta de soya u otros ingredientes.	12
Otros coextruídos	14
CULTIVO DEL BAGRE	14
Descripción taxonómica	15
Hábitat.	16
Ciclo de vida	16
Requerimientos ambientales	17
Requerimientos nutricionales (ANEXO 5)	157
ORIGINALIDAD	19
HIPOTESIS	19
OBJETIVOS GENERALES	19

FASE I.- COEXTRUIDOS

OBJETIVOS PARTICULARES	20
MATERIAL Y METODOS.	21
DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR	21
Componentes del extrusor	21
Variables consideradas para estandarizar el proceso	23
MATERIAS PRIMAS.	24
Ingredientes empleados para estandarizar el proceso	24
ELABORACION DE COEXTRUIDOS	25
Preparación de mezclas	25
Extrusión de mezclas	25
Parámetros físicos registrados.	25
Merma por proceso	25
ANALISIS QUIMICOS	26
Análisis bromatológicos de ingredientes y coextruidos	26
Determinación de calcio de alimentos y coextruidos	26
Determinación de fósforo de alimentos y coextruidos	27
SOLUBILIDAD DE PROTEINA	27
De pasta de soya y subproductos de carpa herbívora sin procesar	27
Solubilidad de proteína de coextruidos	28
CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA	28
Ensayo preliminar con soya extruída	28
Capacidad de retención de agua para coextruidos	28
ANALISIS DE COSTOS DE EXTRUIDOS.	28
Costo estimado de energía eléctrica	28
Costo estimado por proceso	29
Costos de ingredientes	29
ANALISIS ESTADISTICO	29
RESULTADOS	30
DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR	30
PARA ELABORACION DE COEXTRUIDOS	30
Extrusión de pasta de soya	30
Extrusión de mezclas	32
Efecto de inclusión de subproductos de pescado en la temperatura y amperaje del proceso	33
Merma por proceso	35
ANALISIS QUIMICOS	38
Composición bromatológica de ingredientes y coextruidos	38
Determinación de calcio y fósforode ingredientes y coextruidos	40
SOLUBILIDAD DE PROTEINA	40
De pasta de soya y subproductos de carpa herbívora sin procesar	40
Solubilidad de proteína de coextruidos	40
CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA	45
Ensayo preliminar con pasta de soya extruída	45

Capacidad de retención de agua para coextruidos	46
ANALISIS DE COSTOS	46
Costo estimado de energía eléctrica	46
Costo estimado por proceso	48
Costo total (\$) por tonelada de coextruidos	48
DISCUSIONES	52
DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR	52
Extrusión de pasta de soya texturizada	52
Elaboración de coextruidos	54
Efecto de la inclusión de subproductos de pescado en la temperatura y amperaje del proceso y en la textura del producto	54
Pérdida de humedad por proceso	55
ANALISIS QUIMICOS	56
Composición bromatológica de ingredientes y coextruidos	56
Determinación de calcio y fósforo de ingredientes y coextruidos	58
SOLUBILIDAD DE PROTEINA	59
De pasta de soya y subproductos de carpa herbívora sin proceso	59
Solubilidad de proteína en coextruidos	59
CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA	60
ANALISIS DE COSTOS	61
CONCLUSIONES	64

FASE II .- ALIMENTOS EXTRUIDOS FLOTANTES

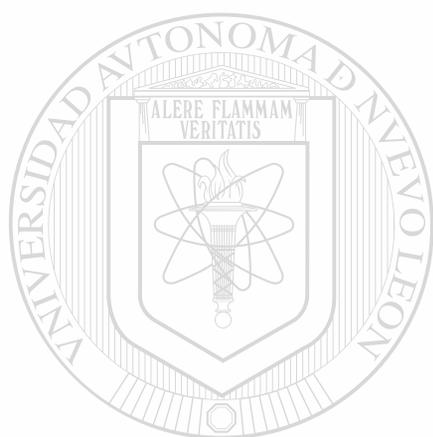
OBJETIVOS PARTICULARES	68
MATERIAL Y METODOS	69
DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR	69
Componentes del extrusor a emplear en el proceso	69
MATERIAS PRIMAS	72
Dietas empleadas para estandarizar el proceso	72
Materias primas e ingredientes especiales. Obtención	73
ANALISIS QUIMICOS	74
Análisis proximal de materias primas y dietas experimentales	74
Determinación de calcio de ingredientes y dietas extruídas	74
Determinación de fósforo de ingredientes y dietas extruídas.	75
ELABORACION DE DIETAS EXPERIMENTALES	75
Formulación de dietas experimentales	75
Preparación de mezclas.	76
Extrusión de mezclas	77
Parámetros físicos registrados	77
Merma por proceso	78
OTROS PARAMETROS FISICOS EVALUADOS.	78
Expansión del alimento extruído (pelets)	78
Flotación del alimento extruído (pelets)	78

ANALISIS DE COSTOS DE DIETAS EXTRUIDAS	78
Costo estimado de energía eléctrica	78
Costo estimado por proceso	78
Costos de ingredientes	79
ANALISIS ESTADISTICO	79
RESULTADOS	80
DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR	80
Variables consideradas para estandarizar el proceso	80
Dietas empleadas para estandarizar el proceso	80
ANALISIS QUIMICOS	81
Análisis bromatológico de materias primas	81
Análisis bromatológico de dietas extruídas	81
Determinación de calcio y fósforo de ingredientes y dietas extruídas.	83
ELABORACION DE DIETAS EXPERIMENTALES	84
Extrusión de mezclas	84
Parámetros físicos registrados	86
Humedad ganada	87
OTROS PARAMETROS FISICOS EVALUADOS.	88
Expansión de pelets.	88
Flotación de pelets	89
Correlación múltiple entre parámetros físicos de proceso	90
ANALISIS DE COSTOS DE DIETAS EXTRUIDAS	91
Costo estimado de energía eléctrica.	91
Costo estimado por proceso	92
Costo total estimado para dietas extruídas para bagre	92
DISCUSIONES	96
DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR	96
ANALISIS QUIMICOS	98
Análisis bromatológico de materias primas	98
Análisis bromatológico de dietas extruídas para bagre	98
Determinación de calcio y fósforo de ingredientes y dietas extruídas.	98
ELABORACION DE DIETAS EXPERIMENTALES	99
Extrusión de mezclas	99
PARAMETROS FISICOS EVALUADOS	99
Temperatura y amperaje	99
Humedad ganada	100
Expansión de pelets	101
Flotación	103
ANALISIS DE COSTOS DE DIETAS EXTRUIDAS	103
CONCLUSIONES	104

FASE III.- EVALUACION NUTRICIONAL

OBJETIVOS PARTICULARES	105
MATERIAL Y METODOS	106
DIETAS EXPERIMENTALES	106
Formulación y composición de las dietas	106
Preparación de las dietas experimentales	107
Composición proximal del doble coextruido camarón-soya	107
Análisis proximal de las dietas experimentales	107
BIOENSAYO	107
Elaboración de jaulas	107
Características de los animales	107
Parámetros fisico-químicos	108
Diseño experimental	108
Evaluación biológica	108
Análisis estadístico	109
COSTOS	109
Costo del doble coextruido de camarón y pasta de soya	109
Costo total de proceso de dieta con doble coextruido	109
Costo/Kg de bagre producido con las dietas experimentales	109
RESULTADOS	110
DIETAS EXPERIMENTALES	110
Composición proximal de doble coextruido camarón-soya	110
Análisis proximal de dietas experimentales	110
BIOENSAYO	111
Evaluación biológica a los 20, 34 y 48 días	111
COSTOS	116
Costo total de proceso/ton. de coextruido	116
Costo total de la dieta con doble coextruido camarón-soya	117
Costo\$/Kg de bagre producido con dietas experimentales	117
DISCUSIONES	119
EVALUACION BIOLOGICA	119
% ganado en peso	119
Consumo de alimento	119
Tasa de conversión alimenticia (TCA).	120
Tasa de eficiencia proteica (PER)	121
Costo \$ por Kg de bagre producido con dietas experimentales	121
CONCLUSIONES	122
CONCLUSION GENERAL	123
BIBLIOGRAFIA	124
ANEXOS	132
ANEXO 1: TECNICAS DE ANALISIS DE SOLUBILIDAD DE PROTEINA, CALCIO Y FOSFORO	133
ANEXO 2: CURVAS DE CALIBRACION DE CALCIO Y FOSFORO PARA	

	INGREDIENTES COEXTRUIDOS Y ALIMENTOS	139
ANEXO 3:	APORTE TEORICO DE NUTRIENTES DE CADA INGREDIENTE	145
ANEXO 4:	SUPLEMENTOS DE PROTEINA ANIMAL Y VEGETAL Y DE ENERGIA QUE PUEDEN USARSE EN ALIMENTOS PARA BAGRE.	148
ANEXO 5:	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA BAGRE DE CANAL	157
ANEXO 6:	PROVEEDORES DE INGREDIENTES EMPLEADOS EN DIETAS EXPERIMENTALES PARA BAGRE	163



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



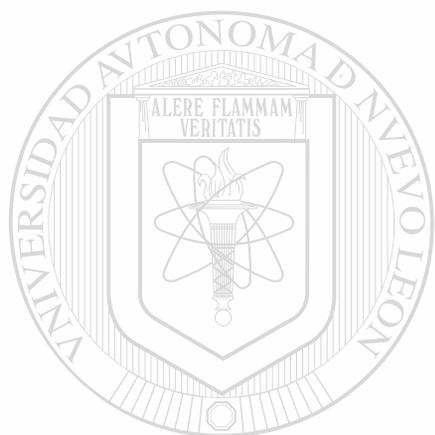
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.-	Parámetros determinados para análisis bromatológico de ingredientes y coextruidos	26
Tabla 2.-	Parámetros óptimos de proceso de coextrusión de pasta de soya y subproductos de pescado	31
Tabla 3.-	Valores promedio de los parámetros de proceso registrados durante la elaboración de coextruidos de pasta de soya (s) y subproductos de pescado	34
Tabla 4.-	Coefficientes de correlación observados para parámetros de proceso de coextruidos	35
Tabla 5.-	% de humedad perdida por proceso en los coextruidos	36
Tabla 6.-	Humedad inicial esperada y real para coextruidos	36
Tabla 7.-	% de pérdida por proceso considerando el peso inicial en Kg	37
Tabla 8.-	% de coextruidos obtenidos antes y después del secado	37
Tabla 9.-	Composición bromatol. de ingredientes que componen los coextruidos	38
Tabla 10.-	Composición bromatológica de coextruidos de soya y pescado	39
Tabla 11.-	Aporte teórico de nutrientes de coextruidos de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora	39
Tabla 12.-	Valores de solubilidad de proteína para ingredientes de coextruidos	40
Tabla 13.-	Valores de solubilidad de proteína obtenidos para coextruidos y sus respectivas temperaturas y amperajes de proceso.	42
Tabla 14.-	Valores de % de solubilidad de proteína para pasta de soya cruda, extruída y de coextruidos	44
Tabla 15.-	Coefficientes de correlación observados entre solubilidad de proteína, % de inclusión de subproducto de pescado en el coextruído y parámetros de proceso.	44
Tabla 16.-	Valores de solubilidad teórica y analizada de coextruídos	45
Tabla 17.-	Capacidad de Retención de Agua (CRA) para pasta de soya extruída, evaluada a diferentes tiempos.	45
Tabla 18.-	Capacidad de Retención de Agua (CRA) para coextruídos y soya extruída	46
Tabla 19.-	Horas de proceso netas requeridas para procesar los coextruídos, de acuerdo a su humedad inicial.	47
Tabla 20.-	Costo estimado de energía eléctrica para coextruídos.	47
Tabla 21.-	Costo estimado del proceso/ton. de coextruídos	48
Tabla 22.-	Costo total de materias primas y coextruídos.	49
Tabla 23.-	Aporte de proteína animal y vegetal y costo por punto de proteína (%) de ingredientes y coextruídos	50
Tabla 24.-	Costo/ton. reales y esperados (teórico) de coextruídos	51
Tabla 25.-	Formulaciones empleadas para estandarizar el proceso de extrusión.	73
Tabla 26.-	Formulaciones experimentales para bagre	76
Tabla 27.-	Costo de ingredientes por Kg (mes de enero-febrero 1996)	79
Tabla 28.-	Condiciones de proceso determinadas para extrusión de alimentos flotantes	80
Tabla 29.-	Composición bromatológica de materias primas	82
Tabla 30.-	Composición bromatológica de dietas extruídas para bagre	82
Tabla 31.-	% de inclusión en materia seca de los subproductos de carpa herbívora y	

	soya en dietas para bagre	83
Tabla 32.-	Promedio de temperatura y amperaje registrados en la extrusión de dietas experimentales para bagre	86
Tabla 33.-	Valores de humedad obtenidos para extrusión de dietas experimentales para bagre	88
Tabla 34.-	Valores promedio de % de expansión y flotación de dietas extruídas para bagre (pelets)	89
Tabla 35.-	Valores de correlación entre parámetros físicos de proceso	90
Tabla 36.-	Costo estimado de energía eléctrica para alimentos extruídos	91
Tabla 37.-	Tiempo de trabajo requerido en cada fase del proceso de extrusión de alimentos flotantes (ton. húm).	91
Tabla 38.-	Costo estimado por proceso/ton. humedad para alimentos extruídos.	92
Tabla 39.-	Costo de dietas extruídas para bagre	93
Tabla 40.-	Comparación de costos de dietas extruídas para bagre, con 10 y 5 % de harina de pescado	94
Tabla 41.-	Composición de dieta 6 (D6) con doble coextruído de camarón y soya	106
Tabla 42.-	Parámetros físico-químicos registrados durante el bioensayo	108
Tabla 43.-	Composición proximal (%) del doble coextruído 32c:68 [32c:68s]	110
Tabla 44.-	Composición proximal de D6 y D7 (comercial) para bagre	110
Tabla 45.-	Valores promedio de la evaluación biológica a los 20 días	111
Tabla 46.-	Valores promedio de la evaluación biológica a los 34 días	112
Tabla 47.-	Valores promedio de la evaluación biológica a los 48 días	113
Tabla 48.-	Costo total de proceso/ton. de coextruído camarón/soya*	116
Tabla 49.-	Costo total de proceso/ton. de la dieta para bagre (D6) con doble coextruído camarón/soya	117
Tabla 50.-	Costo/Kg de bagre producido con dietas experimentales	117
Tabla 51.-	Valores obtenidos para la curva std de calcio, empleada para coextruídos, subproductos de carpa herbívora y doble coextruído soya-camarón	140
Tabla 52.-	Valores obtenidos para la curva std de calcio, empleada para sorgo,	141
Tabla 53.-	Valores obtenidos para la curva std de calcio, empleada para pasta de soya, alimentos extruídos, harina de subproductos animales, harina de sangre y alimento comercial "As"	142
Tabla 54.-	Valores obtenidos para la curva std de fósforo, empleada para pasta de soya, sorgo y subproductos de pescado	143
Tabla 55.-	Valores obtenidos para la curva std de fósforo, empleada en harina de subproductos animales, harina de sangre, alimentos extruídos y alimento comercial "As".	144
Tabla 56.-	Aporte de nutrientes teórico de cada ingrediente	146
Tabla 57.-	Requerimientos cuantitativos de aminoácidos para bagre ^a	158
Tabla 58.-	Signos de deficiencias de vitaminas y niveles mínimos de vitaminas requeridos para prevenir signos de deficiencia en bagre	158
Tabla 59.-	Signos de deficiencias de minerales y niveles mínimos requeridos para prevenir signos de deficiencia en bagre	159
Tabla 60.-	Restricciones para formulación a mínimo costo para alimentos de crecimiento para bagre ^a	160

Tabla 61.-	Tablas de alimentación máxima sugerida y frecuencia de alimentación para alevines o pececillos y para bagre food-size a diferentes temperaturas de agua	160
Tabla 62.-	Niveles de nutrientes recomendados para alimentos de crecimiento para bagre	161



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.-	Zonas de proceso en el extrusor	6
Fig. 2.-	Partes externas de extrusor Insta-Pro 600 JR	21
Fig. 3.-	Partes internas de ensamble del barril.	22
Fig. 4.-	Anillos de presión (steamlocks) de extrusor Insta-Pro 600 JR	22
Fig. 5.-	Conos de nariz de a) 8 mm y b) 13 mm de diámetro interno	23
Fig. 6.-	Temperatura y amperaje registrados para la extrusión de pasta de soya	32
Fig. 7.-	Temperatura y amperaje durante la coextrusión de pasta de soya (70 %) y subproductos de carpa herbívora (30 %)	32
Fig. 8.-	Temperatura y amperaje durante la coextrusión de pasta de soya (60 %) y subproductos de carpa herbívora (40 %)	33
Fig. 9.-	Temperatura y amperaje durante la coextrusión de pasta de soya (50 %) y subproductos de carpa herbívora (50 %)	33
Fig.10.-	Valor promedio de los parámetros registrados en el proceso de coextrusión de pasta de soya (s) y subproductos de carpa herbívora (p)	34
Fig.11.-	Relación observada en temperatura y amperaje de coextruidos por efecto de la inclusión de subproductos de pescado	35
Fig.12.-	Humedades obtenidas para coextruidos	36
Fig.13.-	Rendimiento en % de coextruidos, antes y después del secado	38
Fig.14.-	Composición bromatológica de coextruidos (b.s.)	39
Fig.15.-	Comportamiento de la solubilidad de la proteína del coextruido 70s:30p a diferentes tiempos y temperaturas de colecta de las muestras	41
Fig.16.-	Comportamiento de la solubilidad de la proteína del coextruido 60s:40p a diferentes tiempos y temperaturas de colecta de las muestras	41
Fig.17.-	Comportamiento de la solubilidad de la proteína del coextruido 50s:50p a diferentes tiempos y temperaturas de colecta de las muestras	41
Fig.18.-	Solubilidad de proteína para coextruidos	42
Fig.19.-	Temperatura promedio de proceso durante la toma de muestras para solubilidad de proteína de coextruidos	43
Fig.20.-	Amperaje promedio de proceso durante la toma de muestras para solubilidad de proteína de coextruidos	43
Fig.21.-	Capacidad de retención de agua de soya texturizada a diferentes tiempos de hidratación	45
Fig.22.-	Capacidad de retención de agua de coextruidos y soya extruída	46
Fig.23.-	Costo total final de proceso/ton. \$ de coextruidos	49
Fig.24.-	Costo por punto de proteína de coextruidos	50
Fig.25.-	Costo/ton. de coextruidos, con valores reales y teóricos	51
Fig.26.-	Cabeza con portadados y cortador, activado por un motor de velocidad variable.	69
Fig.27.-	a) Placa portadados, donde pueden cancelarse orificios o adaptar diferentes tamaños y tipos de dados (b), y c) dados de orificios fijos	70
Fig.28.-	Unidad motora de velocidad variable, que activa la cuchilla del cortador	70
Fig.29.-	Extrusor armado completamente para producción de alimentos	71
Fig.30.-	Comportamiento de temperatura y amperaje para la mejor prueba de	

	extrusión de alimentos	81
Fig.31.-	Composición bromatológica de dietas extruídas para bagre (b.s.)	83
Fig.32.-	Parámetros físicos de extrusión de dieta con soya extruída (D1)	84
Fig.33.-	Parámetros físicos de extrusión de dieta con coextruído 70s:30p (D2)	85
Fig.34.-	Parámetros físicos de extrusión de dieta con coextruído 60s:40p (D3)	85
Fig.35.-	Parámetros físicos de extrusión de dieta con coextruído 50s:50p (D4)	85
Fig.36.-	Parámetros físicos de extrusión de dieta con inclusión de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora (D5), sin proceso	86
Fig.37.-	Promedio de temperatura y amperaje registrados en extrusión de dietas experimentales para bagre	87
Fig.38.-	Humedades obtenidas para extrusión de dietas experimentales para bagre	88
Fig.39.-	Valores promedio de % de expansión y flotación de pelets de dietas extruídas para bagre	90
Fig.40.-	Costo/ton. \$ de dietas extruídas para bagre	95
Fig.41.-	Comparación de costos de dietas extruídas para bagre, con 10 y 5 % de harina de pescado	95
Fig.42.-	% ganado en peso a los 20, 34 y 48 días del bioensayo	114
Fig.43.-	Consumo de alimento a los 20, 34 y 48 días del bioensayo	114
Fig.44.-	Tasa de conversión alimenticia (TCA) a los 20, 34 y 48 días del bioensayo	115
Fig.45.-	Tasa de sobrevivencia a los 20, 34 y 48 días del bioensayo	115
Fig.46.-	Tasa de eficiencia proteica(PER) a los 20, 34 y 48 días del bioensayo	116
Fig.47.-	TCA y Costo/Kg de bagre producido con dietas experimentales	118
Fig.48.-	Curva de calibración para determinación de calcio en coextruídos, subproductos de pescado y doble coextruído soya-camarón	140
Fig.49.-	Curva de calibración para determinación de calcio en sorgo	141
Fig.50.-	Curva de calibración para determinación de calcio en pasta de soya, alimentos extruídos, harina de subproductos animales, harina de sangre y alimento comercial "As"	142
Fig.51.-	Curva de calibración para determinación de fósforo en pasta de soya, sorgo y subproductos de carpa herbívora	143
Fig.52.-	Curva de calibración para determinación de fósforo en harina de subproductos animales, harina de sangre, alimentos extruídos y alimento comercial "As"	144

INTRODUCCION.

El bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) es el pez más ampliamente cultivado en los Estados Unidos de Norteamérica. El grado de avance en la investigación sobre la biología de esta especie, ha propiciado su éxito a nivel de producción comercial, con un total de 225,000 toneladas para 1993 (Neubacher, 1995), siendo Mississippi el estado líder en producción de bagre (Wilson, 1991), suscitando con ésto el desarrollo de su cultivo en México, importándose de Estados Unidos de Norteamérica la línea genética que actualmente se cultiva (Velázquez y Ceballos, 1988, citados por Chávez, 1993), produciendo hasta 1990, 3820 toneladas (Chávez, 1993).

Aparentemente su cultivo en México no ha tenido el éxito esperado debido a problemas en el manejo de la especie, la falta de una metodología de cultivo definida y a la mala calidad del alimento (Velázquez y Ceballos, 1988, citados por Chávez, 1993), ya que el alimento producido en el país no es confiable en su calidad nutricional, precio y servicio, y los productores deben importarlo de los Estados Unidos (De la Garza, citado por Chávez, 1993).

Uno de los aspectos más extensamente investigados en el cultivo de esta especie es su nutrición (Bardach, 1972), cobrando particular importancia el nivel y calidad de proteína contenido en los alimentos suministrados, entre otros nutrientes. Usualmente los alimentos comerciales para bagre contienen 32 % de proteína cruda, aunque algunas granjas los adquieren con 28,30 y 36 % de proteína (Wilson, 1991) animal y vegetal para su alimentación en estanques. Esta variación en el contenido proteico determina el costo de los mismos, y su selección está en función de la etapa de crecimiento y del sistema de cultivo en que serán aplicados.

La harina de soya ha sido usada como la principal fuente de proteína de estos alimentos, suplementada con harina de pescado, o por una mezcla de ésta y harinas de carne y sangre (Robinson 1989, 1991, citado por Robinson et al, 1994), siendo las harinas de algodón y de cacahuate usadas en menor grado (Wilson y Robinson, 1982; Robinete, 1983; NRC, 1983, citados por Robinson, 1985).

El incremento en costos de la proteína animal y vegetal ha suscitado la necesidad de buscar otras fuentes de bajo precio para alimentación animal. Dentro de este rubro, los subproductos de la industria de alimentos marinos procesados comercialmente (Meyers y Rutledge, 1971; Meyers et al, 1973; Meyers, 1980; Meyers, 1986; Barrat y Montano, 1986; citados por Carver et al, 1989 y Domini y Lim, 1991), así como los de especies dulceacuícolas (Lovell, 1980; Robinson, 1985), pueden ser usados como ingredientes potencialmente nutricionales y de bajo costo en alimentos para acuicultura (Kiang, 1994; Rokey and Huber, sin año), reduciendo en parte la contaminación ambiental en los casos en que son desechados y reduciendo el costo del alimento considerablemente (Said, 1992).

Aunado a ésto, al emplearlos en forma de coextruídos utilizando ingredientes secos como pasta de soya, maíz, trigo, etc., pueden almacenarse a temperatura ambiente y pueden utilizarse

de manera continua todo el año como ingredientes en alimentos para acuicultura, aún cuando los subproductos estén disponibles en ciertos periodos del año (ej. cuaresma). Obviamente esto aumenta el valor nutricional del ingrediente seco usado, con la posibilidad de aumentar el nivel de inclusión de los subproductos acuícolas en las fórmulas, al no haber limitante por el exceso de humedad del subproducto.

La cocción por extrusión en la manufactura de alimentos acuáticos ha mostrado tener propiedades especiales en tres campos básicos de interés (Cluet, 1990; Kiang, 1993):

- a) Mejoramiento en la digestibilidad de ingredientes.
- b) Aprovechamiento e incorporación de subproductos húmedos.
- c) Incorporación de propiedades físicas especiales en los alimentos.

En el presente trabajo se trata de demostrar la factibilidad tecnológica, nutricional y económica del uso de subproductos húmedos de fileteado de carpa coextruidos con soya en alimentos balanceados para el bagre de canal *Ictalurus punctatus*.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ANTECEDENTES.

EXTRUSION.

DEFINICION.

“La extrusión-cocción se ha definido como el proceso por el cual materiales expansibles, almidonáceos y/o proteináceos son plastificados y cocidos en un tubo por una combinación de humedad, presión, temperatura y corte mecánico” (Smith, 1976 citado por Hauck and Huber, 1989).

El proceso se realiza en un periodo de 26 a 30 segundos (Carver et al, 1989; Kiang, 1993), y mejora la digestibilidad de la proteína, carbohidratos y aceite, debido a la cocción, gelatinización, esterilización, expansión, estabilización y ruptura de células de aceite en un solo paso (Kiang, 1993, 1994).

HISTORIA.

Desde al año de 1853, la tecnología de extrusión se ha venido utilizando en la producción de plásticos y otros materiales. La primer aplicación comercial en la industria del procesado de alimentos se dió en 1900, y se aplicó en la transformación de semolina o harina a pasta, fideos y macarrones (Hauck and Huber, 1989; Acosta, 1990). En 1930, Adams Corp. inició la fabricación de extrusores para producción de alimentos que alcanzaban altas temperaturas de cocción (Acosta, 1990). A partir de ésto, en 1935 los extrusores de tornillo simple fueron inicialmente aplicados al procesamiento de pastas, empezaron a aplicarse para la obtención de una mayor gama de productos alimenticios (Quintero, 1993).

A mediados de los 40's, fueron producidos comercialmente los primeros productos alimenticios expandidos (botanas de maíz) cocidos por extrusión (Hauck and Huber, 1989; Harper, 1989).

En los inicios de los 50's se vio la primera aplicación del extrusor de tornillo simple para la producción de alimentos para mascota expandidos, en los Estados Unidos, lo que marcó el crecimiento de la extrusión por cocción (Hauck and Huber, *op. cit.*).

En los 60's se produjeron extrusores de tornillo simple de mayor capacidad (5 ton/hora) para la producción de cereales precocidos (para desayunos) y almidones (Hauck and Huber, *op. cit.*; Harper, 1989).

Durante los 70's se realizaron más refinamientos en el proceso de extrusión de alimentos y extensión de sus aplicaciones. Esto incluye el uso de un extrusor como un mezclador y pasteurizador en el proceso de alimentos húmedos para mascotas, formulados con ingredientes para controlar la actividad del agua (Harper, 1989). Se desarrollaron coextruidos que contenían

más de un componente, como rollos de huevo y ravioles. Se desarrolló el control de textura a través del uso de almidones modificados, emulsificantes, sales y ajustes de pH. Se aplicó el uso de 2 extrusores en serie, el primero para cocer y el segundo para formar y estructurar, obteniendo productos con características únicas de textura, actividad del agua, hidratación y densidad. También inició el uso de extrusores de doble tornillo para procesar alimentos, expandiéndose el número de aplicaciones en los 80's (Harper, *op. cit.*). Además llegó a comercializarse la producción de proteína vegetal texturizada, con el extrusor de tornillo sencillo, que es actualmente muy aceptable (Hauck and Huber, 1989).

En los 80's hubo una rápida comercialización en la producción de alimentos para especies acuícolas mediante la extrusión, y representa el area de mayor producción usando este tipo de extrusores (Hauck and Huber, *op. cit.*).

Actualmente se sigue haciendo investigación para conocer mejor el proceso de extruir materiales crudos, hacer más eficiente económicamente el consumo de energía y la producción con la finalidad de incrementar el mercado de los productos extruídos.

PRINCIPALES COMPONENTES DE PROCESO EN EL EXTRUSOR.

a) Tornillo o rotor del extrusor.

Se compone de segmentos de tornillo simples o de alabe sencillo y/o de doble alabe (Fig. 3), y recibe los ingredientes, los mezcla, los transforma en masa homogénea plástica, los cuece los fuerza a través de seguros de presión (steamlocks) y de un dado en la parte final. Los steamlocks (Fig. 4) son piezas en forma de anillo que unen las secciones del tornillo modular, que producen corte y reducen el reflujo del vapor.

b) Cilindro, cañón o barril del extrusor.

Es la parte cilíndrica que cubre al tornillo o rotor del extrusor. Se divide en varias cubiertas o cámaras (inicial y de compresión) (Fig. 2).

c) Tolva mezcladora de productos. Es el espacio donde son vertidos los ingredientes o mezclas húmedas a procesar (Fig. 2). Estos ingredientes son mantenidos en agitación continua por medio de paletas, para evitar que se apelmazen, y la alimentación del producto en forma constante se hace a través de un tornillo impulsado por una fuerza motriz de velocidad variable.

d) Placa portadados.

Es la placa que se adapta a la parte final del barril del extrusor y que da forma al producto. Presenta orificios que pueden cancelarse o dejarse en funcionamiento, y que pueden

cambiarse de diámetro usando dados con orificios predeterminados (Fig. 27), que pueden ser de diversas formas, de acuerdo al tipo y tamaño de alimento a elaborar.

e) Cortador de productos.

Su función es cortar el producto saliendo del dado. Consta de cuchillas (Fig. 26) que giran a velocidad constante y predeterminada (Fig. 28) en función de la longitud deseada en el producto (Acosta, 1990).

ZONAS DE PROCESO.

a) Zona de alimentación.

Esta área es donde las partículas de baja densidad de los materiales crudos se introducen al barril, para ser transportados a su interior (Fig. 1). El canal de flujo del tornillo se llena con el material en esta zona, donde la densidad es baja debido al aire atrapado en el material entrante y a su naturaleza granular. Este material es escasamente comprimido al ser expelido el aire. Generalmente se inyecta agua en esta parte del barril para alterar la textura, desarrollar viscosidad y aumentar la transferencia conductiva de calor (Hauck and Huber, *op. cit.*)

b) Zona de amasamiento.

El extruido empieza a perder algo de su definición granular, se incrementa la densidad del extruido y la presión iniciada en la zona de alimentación continúa por el mayor grado de llenado del tornillo. El mecanismo de corte empieza a jugar un papel dominante, debido a la condición del barril lleno que aquí se da (Fig. 1). Las partículas de material empiezan a aglomerarse por el incremento de la temperatura resultante de la conducción, de la inyección directa de vapor (o agua en 2 bar) y de la disipación de la energía resultante de la fricción, formando una masa de flujo integral, que alcanzará su máxima compactación, teniendo un corte moderado, y un incremento continuo de la temperatura (Hauck and Huber, *op. cit.*)

c) Zona de cocción final.

Zona donde ocurre la texturización (Fig.1). La temperatura y presión se incrementan más rápidamente en esta región, donde las tasas de corte son más altas debido a la configuración del tornillo del extrusor y a la máxima compresión del extruido. El corte es definido como la acción de trabajo y mezclado, que homogeniza y calienta el producto transportado (Cruz, 1993). La presión, temperatura y viscosidad resultante del fluido son tales, que el extruido será expelido del dado extrusor para producir la textura, densidad, color y propiedades funcionales del producto final deseada (Hauck and Huber, *op. cit.*)

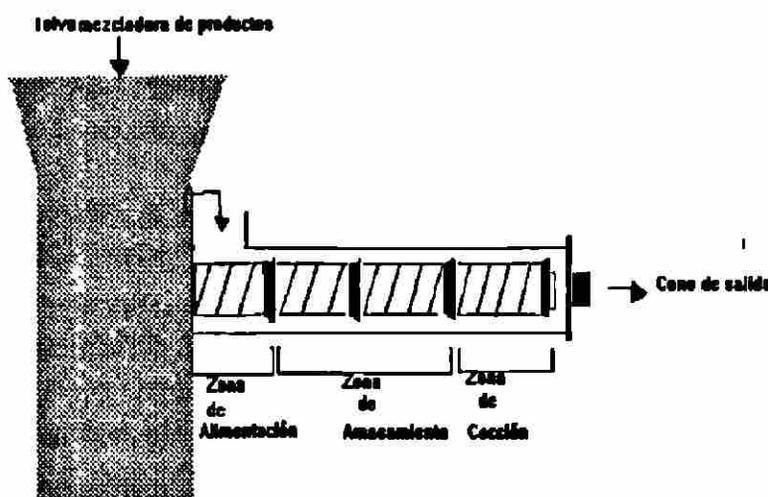


Fig. 1.- Zonas de proceso en el extrusor.

EFFECTOS DEL PROCESO DE EXTRUSION SOBRE ALIMENTOS ACUICOLAS.

EN MICROORGANISMOS.

El calor generado (80-200 °C) esteriliza subproductos animales húmedos y alimentos elaborados en este sistema, eliminando la contaminación por bacterias (i.e. Salmonella), mohos, levaduras y virus (Smith, 1976, Horn, 1979, Tacon y Jackson, 1985, citados por Tacon, 1989; Carver et al, 1989; Cluet, 1990; Botting, 1991; Said, 1992; Kiang, 1993; Woodroffe, 1993; Mustakas et al, 1964, 1970, citado por Choudhury, 1995).

EN ALMIDONES.

El proceso de expansión y ruptura de los gránulos de almidón se conoce como gelatinización. El proceso ocurre dentro de extrusores cocedores y es muy deseable, ya que los almidones gelatinizados tienen una fuerte habilidad de aglutinar otros constituyentes para formar un producto final uniforme. Además, los almidones gelatinizados son más digeribles que los crudos, por lo que el valor nutricional de productos con almidón es mejorado por extrusión. El almidón y el agua son necesarios para la expansión del producto final (Kiang, *op. cit.*; Woodroffe, *op. cit.*; Kearns, 1991, 1993; Choudhury, *op. cit.*; Quintero, 1993), lo que confiere flotabilidad y permite a los granjeros verificar visualmente el comportamiento de alimentación de sus peces (Dupree and Huner, 1984; Hilton et al, 1981, Vens-Capell, 1984, citados por Tacon, 1989; Wilson, 1991).

EN LAS PROTEINAS.

La extrusión desactiva inhibidores de proteasa y otros factores antinutricionales termolábiles encontrados en cereales y oleaginosas (i.e. inhibidores enzimáticos del crecimiento, como la ureasa de la soya, lipasas del salvado de arroz, inhibidores de tripsina, etc.) lo que puede

incrementar el valor nutritivo de la proteína (Smith, 1976, Horn, 1979, Tacon y Jackson, 1985, citados por Tacon, *op. cit.*; Carver et al, 1989; Cluet, 1990; Botting, 1991; Said, 1992; Kiang, 1993; Woodroofe, 1993; Mustakas et al, 1964, 1970, citado por Choudhury, 1995).

La proteína se desnaturaliza por cocción en función de la temperatura (Kiang, *op. cit.*, Choudhury, *op. cit.*). En general hay muy poca pérdida de valor nutritivo de la proteína; sus cadenas de aminoácidos no se dañan (Woodroofe, 1993) durante el proceso de extrusión en sus enlaces primarios, sin embargo los enlaces secundarios de las moléculas de las proteínas si se alteran (Kiang, 1993). Bajo ciertas condiciones las proteínas no desnaturalizadas pueden formar gel de la misma forma que el almidón (Woodroofe, 1993). Además pueden actuar como un compactante, como en el caso de las proteínas vegetales texturizadas, y se pueden acomplejar con el almidón, para formar productos estables en agua (Quintero, 1993; Choudhury, 1995).

EN LA FIBRA.

Tiene poco efecto en la fibra, aunque la densidad del contenido de fibra parece que se incrementa por extrusión (Kiang, 1993; Woodroofe, 1993) a consecuencia de la acción mecánica del extrusor rompiendo y comprimiendo las hebras de fibra (Woodroofe, *op. cit.*). Se incrementa en un buen porcentaje en relación con su peso seco.

EN LAS GRASAS.

Tiene poco efecto, pero pueden actuar como lubricante y tienden a limitar la expansión. Cuando las grasas son extruídas en combinación con carbohidratos, forman un complejo que reduce la solubilidad de la grasa en éter, sin afectar su digestibilidad (Kiang, 1993; Woodroofe, *op. cit.*).

EN MINERALES Y VITAMINAS.

La mayoría de los minerales son inertes al proceso de extrusión (Woodroofe, *op. cit.*). Las vitaminas se destruyen fácilmente durante el proceso de extrusión, siendo más sensibles las vitaminas A, C, tiamina y niacina (Said, 1992; Woodroofe, *op. cit.*; Kiang, 1993) y el complejo B el más estable (Kiang, *op. cit.*), por lo que siempre se recomienda sobresuplementar el alimento con las vitaminas, ya sea ajustándolas previo a la extrusión o adicionándolas postextrusión (Said, 1992; Woodroofe, 1993).

EN ADITIVOS ALIMENTICIOS.

Muchos aditivos alimenticios tales como sabores, inhibidores de hongos y otros estabilizadores, son sensibles a los efectos de extrusión, ya sea que se destruyan dentro del extrusor o se pierdan por evaporación cuando el producto sale de la máquina (Woodroofe, *op. cit.*; Fellows, 1994).

APLICACIONES DEL PROCESO DE EXTRUSION.

EN EL PROCESAMIENTO DE OLEAGINOSAS.

La mayor parte de las oleaginosas contienen componentes inhibitorios que impiden emplearlos efectivamente como ingredientes en estado crudo (Woodrooffe, *op. cit.*). La extrusión en seco los inactiva, haciendo a las oleaginosas útiles como ingredientes alimenticios, debido a que dichos componentes inhibitorios son susceptibles al calor (Tacon, 1989; Carver et al, 1989; Cluet, 1990; Botting, 1991; Said, 1992; Kiang, 1993 ; Woodrooffe, *op. cit.*; Fellows, 1994; Choudhury, 1995).

PROCESAMIENTO DE OTROS INGREDIENTES.

El valor alimenticio de cereales y almidones secos de tubérculos puede ser mejorado por extrusión. Esto es especialmente útil cuando se alimentan especies carnívoras o animales omnívoros jóvenes (gatos, perros, terneros, lechones, potros, etc.). También es usada para procesar ingredientes en bloques para ganado vacuno, tales como combinaciones de almidón-urea (Woodrooffe, *op. cit.*).

PRODUCTOS INDUSTRIALES.

Los almidones gelatinizados extruídos pueden ser usados como adhesivos de papel, compactantes, espesantes (Woodrooffe, *op. cit.*; Audelo, 1993 , com. per.) y como ligentes en alimentos peletidos (Cruz, 1996, com. per.). La extrusión también se usa en la industria cervecera para mejorar las propiedades de fermentación de algunos almidones y para producir material de empaque expandido biodegradable (Woodrooffe, 1993).

ALIMENTOS COMPLETOS.

Incluye alimento para mascotas, para caballos, animales de laboratorio, animales de zoológico, lechones (Said, 1992; Woodrooffe, *op. cit.*), peces, etc. (Cluet, 1990; Botting, 1991; Kearns, 1991, 1993; Kiang, 1993; Rokey and Huber, sin año).

EN ALIMENTOS HUMANOS.

De cereales y derivados, como el pan tostado sueco, hecho de harina de trigo, leche en polvo, almidón de maíz y azúcar; hojuelas de maíz, a base de maíz granulado; otros cereales para desayuno, soya texturizada, productos de pastelería y botanas, etc. (Woodrooffe, 1993; Fellows, 1994; Choudhury, 1995).

APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS ORGANICOS HUMEDOS.

El extrusor tiene la capacidad de esterilizar y deshidratar materiales crudos húmedos, procedentes de plantas de proceso, como desechos de pescado, de pollo, plumas, desperdicios de carne, etc. (Woodrooffe, *op. cit.*), que pueden mezclarse con uno o varios sustratos para dar por resultado un ingrediente estable con valor agregado (Robinson et al, 1985; Carver et al, 1989; Dominy and Lim, 1991; Kearns, 1991, 1993; Kiang, 1993, 1994), con buena palatabilidad (Cluet, 1990). Como el material que pasa a través del extrusor está sometido a calor por un tiempo corto (menos de 30 s) en comparación al tiempo requerido en una reductora (al menos una hora) se argumenta que la extrusión cause menos daño a los nutrientes como el valor biológico del producto final es mayor.

COMPARACION DE ALIMENTOS EXTRUIDIDOS Y PELETIZADOS.

El peletizado a vapor es la tecnología más empleada para la manufactura comercial de alimentos para acuicultura (Tacon, 1989) y "es el proceso en el que un alimento finamente molido se compacta en partículas de mayor tamaño y de naturaleza estable mediante la aplicación de calor, humedad y presión mecánica" (Kearns, 1993), sin embargo algunos avances en las técnicas de peletizado por extrusión, p. ej., expansión, ofrecen horizontes nuevos para los fabricantes de alimentos para acuicultura (Tacon, 1989), que puede resumirse a continuación :

Extrusión	Peletizado
Versatilidad (alimentos flotantes, hundibles, o de hundimiento lento).	Es difícil producir alimentos flotantes o de hundimiento lento.
Se pueden elaborar una gran variedad de alimentos balanceados: lechones, camarones, ganado, peces, mascotas, etc.	Pocos alimentos (pollos, cerdos, conejos).
Utiliza desechos húmedos en el alimento final o en el procesamiento de ingredientes. Niveles de humedad de hasta 55 %.	Contenidos de humedad máximos de 16 a 17 %.
Grado de cocción del alimento de 90 % o más.	Grado de cocción del 50 % con múltiples acondicionadores.
Las bacterias no sobreviven al proceso.	Presencia de bacterias en el producto final.
Extremadamente estables en el agua y mantienen su integridad física por largos periodos.	No son tan estables sin aditivos y un operario competente.
Alta durabilidad mecánica de los pelets,	El producto se comprime y se forma más fino.

gracias a su matriz interna.

La mayor facilidad de manejo de la planta permite un alto % de productos aceptables.

Los finos y productos que no compactan deben reciclarse.

Posibilidad de una formulación más barata. Gran ahorro en costos.

Es necesario harina de pescado para satisfacer los requerimientos proteínicos, por las limitaciones de diseño.

Niveles de grasa de hasta 22 % en formulación.

Niveles de grasa de 4-5 %, o es incapaz de formar un pelet.

El 100 % de la materia prima debe pasar por un tamiz de malla 20.

La materia prima requiere un molido más fino, malla 60 aproximadamente.

Mayor inversión de capital.

Menor inversión de capital.

Mayor uso de servicios.

Uso de servicios ligeramente menor.

Grandes ahorros potenciales en la formulación.

Se deben emplear harinas de subproductos pesqueros caras para alcanzar el nivel de proteínas requerido.

Fuente: Kearns, 1991, 1993.

APLICACION DEL PROCESO EN LA ELABORACION DE COEXTRUIDOS. ®

UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS HUMEDOS.

En la mayoría de los países se están estableciendo leyes restrictivas sobre la descarga de subproductos procedentes de la producción animal y de las industrias de procesado de alimentos. Como consecuencia, las técnicas de reciclamiento están siendo cada vez más necesarias y viables (Said, 1992; Woodroffe, 1993; Kiang, 1994).

La mayoría de los subproductos animales son fuentes potenciales de nutrientes (Woodroffe, *op. cit.*) y deben ser considerados como recursos renovables o recursos secundarios, que al ser procesados correctamente, pueden ser utilizados como ingredientes de alta calidad, reduciendo los problemas ambientales y al mismo tiempo los costos de producción del alimento (Said, 1992).

Se pueden aprovechar subproductos animales tales como:

- a) Desechos de peces y crustáceos : pez entero, esqueleto, conchas, cabezas, etc.
- b) Subproductos de aves de corral : Patas, pluma, gallinas enteras, desechos de criaderos, cabezas, etc.
- c) Subproductos de mataderos : desechos, pelos de cerdo, sangre.
- d) Residuos de procesamiento de comida : desechos de queso, subproductos de pastelería, desechos de confitería, etc. (Woodrooffe, 1993).

Dentro de este rubro, la utilización de subproductos de procesado de especies marinas y dulceacuícolas (procedentes de plantas de fileteado) para alimentos acuícolas, parece ser una buena opción, pero algunas limitantes en su uso, como el alto contenido de humedad, su distribución aislada, el alto costo de transportación, la naturaleza extremadamente susceptible de degradación enzimática y microbiana a la que suelen estar sujetos, y la ausencia o el acceso limitado a secadores o refrigeradores cercanos a las plantas de proceso, los excluyen económicamente como ingredientes (Carver et al, 1989), por ello se requiere de procesos químicos o tecnológicos para estabilizarlos.

La tecnología de extrusión en seco proporciona una alternativa para lograr ésto (Kiang, 1994), y puede aplicarse de dos formas:

1.- Directa. En la fabricación de alimento terminado, usando directamente los subproductos húmedos finamente molidos, mezclándolos con los ingredientes de la fórmula para obtener un alimento completo (Dominy y Lim, 1991; Kiang, 1994).

Dentro de este contexto cabe destacar la importancia nutricional de los subproductos de carpa plateada. La fracción lipídica de su músculo es rica en fosfolípidos y ácidos grasos saturados y poliinsaturados; tiene cantidades apreciables de vitaminas y minerales esenciales para el hombre; sus proteínas poseen una relación de aminoácidos esenciales a no esenciales de 0.95, teniendo como aminoácido limitante la histidina (Marilis-Lezcano, 1995).

El porcentaje de inclusión en la fórmula se da en función de su disponibilidad, de los ingredientes secos a utilizar, de su contenido de humedad, la aplicación del producto extruído y el diseño de la planta de proceso (Kiang, 1994).

La incorporación de subproductos húmedos en mezclas secas confiere características positivas al alimento extruído, además de ventajas monetarias:

- ⇒ Buen sabor, debido al sabor de la proteína cruda.
- ⇒ Buena textura, resultado de la texturización de las proteínas nativas,
- ⇒ Incremento de la estabilidad en el agua, reduciendo la contaminación en el ambiente acuático.
- ⇒ Posibilidad de complementación nutritiva, mejorando la eficiencia alimenticia (Mendoza, 1993).

2.- Indirecta. En la producción de ingredientes coextruidos estables a temperatura ambiente, mezclando materias primas secas, como harina de soya, maíz, trigo, etc., con los subproductos húmedos y coextruyéndolos (Kiang, 1994).

COEXTRUSION DE SUBPRODUCTOS ACUICOLAS CON PASTA DE SOYA U OTROS INGREDIENTES.

La utilización de soya cruda y calentada como material alimenticio para animales terrestres, ha sido intensamente estudiada (Lim y Akiyama, 1991).

El empleo de harina de soya extraída con solventes como principal ingrediente en la coextrusión obedece a que es una excelente fuente de proteína disponible para uso en alimentos para bagre (Robinson y Li, 1994), ya que presenta 2 de los 4 ácidos grasos esenciales para los crustáceos y los peces marinos (Kanazawa, 1981, citado por Carver et al, 1989), dando valor agregado al ingrediente alimenticio (Robinson et al, 1985, citado por Carver et al, 1989 y Dominy y Lim, 1991).

Tradicionalmente, los alimentos comerciales para bagre se fabrican utilizando relativamente pocas fuentes de proteína, como harina de carne y hueso, harina de cacahuete y harina de algodón usadas en menor grado (Wilson y Robinson, 1982; Robinete, 1983; NRC 1983; citados por Robinson et al, 1985). Existen pocos trabajos que mencionen el efecto adicional de coextruir soya con subproductos de organismos acuícolas para su uso como ingredientes en alimentos para bagre

Leibovitz (1981) mostró que la harina de soya puede reemplazar la harina de pescado en alimentos para bagre cultivados en bajas densidades de siembra.

En la búsqueda de fuentes alternativas de proteína, Robinson et al (1985) evaluaron la respuesta de alevines de bagre de canal alimentados con dietas en la que la harina de soya y harina de pescado se reemplazaron por varias mezclas proteicas extruídas, conteniendo pasta de soya desgrasada, soya integral (con grasa, sin cáscara) coextruídas o no con varios % de pescado hidrolizado (desechos de bagre), obteniendo buenas tasas de conversión alimenticia y ganancia de peso con la dieta que contenía el coextruído con desechos de pescado, mejores que una dieta que contenía pasta de soya y harina de pescado, aparentemente debido a un incremento en la disponibilidad de nutrientes, tales como lisina y/o energía. Este es el único trabajo aplicado en bagre.

De manera adicional se efectuó un bioensayo similar al anterior, considerando los mismos tratamientos alimenticios, pero variando el tamaño de muestra de peces y la duración del bioensayo. Los resultados fueron muy similares al experimento anterior, mostrando que los subproductos de bagre mezclados con soya dan una buena ganancia en peso y conversión alimenticia.

Posteriormente, Carver et al (1989) coextruyeron cabezas de camarón y vísceras de calamar ensiladas y crudas con harina de soya extraída con solventes (47 %), para producir ingredientes secos soya/calamar y soya/camarón en diferentes porcentajes, así como ingredientes pasados dos veces por el extrusor. El análisis de los coextruidos no mostró diferencias en cuanto al contenido de proteína cruda, sin embargo, se observó una neta mejoría en el contenido de ácidos grasos esenciales y fósforo en comparación con la harina de soya, por el aporte de los subproductos.

De manera similar al trabajo de Carver, Dominy y Lim (1991) evaluaron coextruidos de soya con vísceras de calamar en diferentes proporciones, como fuente de proteína en alimentos para camarón, mostrando que el tratamiento 40/60 soya/calamar fue superior en cuanto a ganancia de peso y FCR a la dieta control y la dieta con soya extraída, aunque no fue significativamente diferente del tratamiento 50/50 soya/calamar.

Pelcastre et al (1995) coextruyeron subproductos de fileteado de tilapia roja (cabeza y esqueleto) con pasta de soya en diferentes proporciones, pasados una vez por el extrusor y haciendo un doble coextruido con uno de los productos elaborados, obteniendo la mejor textura en el producto de menor inclusión de pescado y el doble coextruido. El análisis de los coextruidos no mostró diferencias en cuanto al contenido de proteína, pero si mostró una gran mejoría en el nivel de grasa, que se incrementó gradualmente con la inclusión de subproductos de pescado.

Yu et al (1981, citado por Choudhury, 1995) estudiaron la producción de galletas de pescado de una mezcla de pescado picado (*Chirocentrus esculentus*) y harina de tapioca molida.

Kristensen et al (1984, citado por Choudhury, *op. cit.*) investigaron la coextrusión de mezclas de pescado picado (bacalao, arenque, macarela y espadín), almidón de papa y harina de trigo, concluyendo que los productos extruidos pueden ser preparados usando pescado con menor contenido de grasa.

Maga y Reddy (1985, citados por Choudhury, *op. cit.*), en una investigación de coextruidos de carpa y harina de arroz, observaron que el coextruido puede ser almacenado a temperatura ambiente sin desarrollar mal olor, y uno de estos productos conteniendo 35 % de carpa fue encontrado agradable por un panel sensorial.

Venugopal (1987, citado por Choudhury, *op. cit.*) realizó un trabajo con un producto similar, usando harina de pescado parcialmente desodorizada, y harina de trigo.

Clayton y Miscourides (1992, citados por Choudhury, *op. cit.*) estudiaron en un extrusor de tornillo simple la extrusión de tejidos de pescado subutilizado, y concluyeron que se pueden preparar productos alimenticios texturizados y estables con propiedades reológicas y nutricionales.

Se han efectuado otros estudios de extrusión de mezclas de pescado molido y almidón, o ingredientes proteínicos con contenido de humedad de 35-50 %, usando extrusores de tornillo simple (un solo tornillo) (Choudhury, *op. cit.*). Murray and Stanley (1980, citado por Choudhury, *op. cit.*) estudiaron la coextrusión de pescado molido y pasta de soya en un extrusor de tornillo simple. La textura del coextruido dependió bastante de las tasas de proteína a agua, y de vegetales a proteína de pescado. La adición de pescado mejoró la textura, redujo la temperatura requerida para texturización óptima y aumentó el nivel de aminoácidos esenciales. Se concluyó que se pueden preparar coextruidos con características nutricionales y texturales específicas, controlando las variables de composición y proceso.

Hilmarsdottir (1984) y Karmas (1987) (citados por Choudhury, *op. cit.*) coextruyeron mezclas de pescado molido fermentado, de humedad intermedia, con harina de trigo y almidón, combinando el % de humedad de las mezclas con la extrusión.

Bhattacharya et al (1988, 1990, citado por Choudhury, *op. cit.*) investigaron la coextrusión de pescado molido, mezclado con harina de trigo, y evaluaron el efecto de las variables de proceso sobre la calidad nutricional y microestructura del extruido. Se aumentó la formación de fibra por incremento en temperatura.

Kitagawa y Nishi (1987) y Noguchi (1989) (citado por Choudhury, *op. cit.*) desarrollaron un coextruido multicapas con sardina y pasta de soya desgrasada, empleando un extrusor de doble tornillo, obteniendo una textura muy similar a la carne roja.

OTROS COEXTRUIDOS.

—Por otro lado, el uso de tecnología de coextrusión de soya y otros ingredientes vegetales se ha extendido no tan solo a camarón y bagre, sino también a otras especies, como lo muestra Gomes et al (1993), quienes evaluaron en la trucha arcoiris la posible utilización de colzapro (un producto coextruido de semillas de colza + chícharo, con 24 % de proteína y 18 % de grasa, alto en lisina y metionina y en la relación w6/w3), incorporado en diferentes niveles en las dietas experimentales, mostrando que al 15 % de inclusión se obtiene la mejor tasa de crecimiento específico y TCA, con respecto a la que usó exclusivamente harina de pescado, sugiriendo la posible incorporación de 20 % de harinas de semillas de colza, sin efectos negativos en el crecimiento.

CULTIVO DEL BAGRE.

Los primeros estudios sobre el cultivo del bagre con fines comerciales los realizaron Doze y Clapp en 1920; Mobley y Murphee en 1931 lograron desoves en corrales. Al término de la década de los 50's Clemens y Sneed efectuaron desoves inducidos por hormonas (Aguilera y Zarza, 1986; Bardach, 1972).

Aunque los bagres ictalúridos han sido cultivados experimentalmente por 50 años o más y algunas granjas pequeñas estuvieron operando en el inicio de los 50's (Bardach, *op. cit.*; Tucker

and Robinson, 1990), fue hasta 1963 cuando fueron producidas algunas toneladas en Arkansas. Por el año de 1966, la producción en Estados Unidos fue 9-11 mil toneladas y en 1969 arriba de 30 mil toneladas (Bardach, *op. cit.*), convirtiéndose en los Estados Unidos en la principal industria acuícola (Aguilera y Zarza, 1986). Extrañamente, la producción comercial de bagre en Arkansas declinó, a la vez que empezó a crecer en Mississippi (Tucker and Robinson, 1990).

En los 50's, Homer Swingle y sus estudiantes exploraron el potencial para acuicultura a pequeña escala de bagre en Alabama. Posteriormente, investigadores en Auburn y otras universidades en el sureste introdujeron mejoras en las prácticas de alimentación y control de enfermedades, que fueron necesarios para establecer el cultivo a gran escala (Tucker and Robinson, *op. cit.*).

La mayoría de las investigaciones recientes y desarrollo necesarios para cultivo comercial de bagre a gran escala, fue conducido en otros estados, como Alabama, Louisiana, Arkansas y Oklahoma, pero se desarrolló con más actividad en Mississippi (Tucker and Robinson, *op. cit.*).

El crecimiento de la industria del bagre en Mississippi ha sido rápido desde 1978, registrando cerca del 75 % de la producción total de bagre, ya que cuenta con recursos físicos necesarios para acuicultura en estanques (tierra plana, suelos arcillosos y abundante agua), además de recursos económicos (Tucker and Robinson, *op. cit.*), siendo actualmente el estado líder en producción de bagre (Wilson, 1991).

Actualmente el bagre se cultiva en Estados Unidos en 18 estados, y aunque existe pesca deportiva de esta especie, los mercados están en las grandes ciudades del norte, aunque los estados del sur continuarán probablemente dominando el cultivo de bagre (Bardach, 1972), debido a la prolongada estación de crecimiento en esa parte del país.

En México se introdujo por primera vez en la presa "La Boquilla", Chih., y fue esta especie y la trucha las que dieron la pauta para el surgimiento de la piscicultura industrial en 1976 (Aguilera y Zarza, 1986), importándose de Estados Unidos la línea genética que actualmente se cultiva en México (Velázquez y Ceballos, 1988, citados por Chávez, 1993), produciendo hasta 1990, 3820 toneladas (Chávez, *op. cit.*). Actualmente su distribución se ha ampliado a los estados de Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Nuevo León y Querétaro (Aguilera y Zarza, 1986), todos ellos de climas tropicales y subtropicales, en altitudes que van desde los 500 a los 1500 msnm (Aguilera y Zarza, *op. cit.*).

DESCRIPCION TAXONOMICA.

La variedad de bagre que se cultiva tanto en México como en Estados Unidos es la del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) (Aguilera y Zarza, *op. cit.*; Chávez, 1993).

Su posición taxonómica es la siguiente:

Reino	Animal
Phylum	Chordata
Subphylum	Gnastomata
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Orden	Teleosteos
Suborden	Siluroidei
Familia	Ictaluridae
Género	<i>Ictalurus</i>
Especie	<i>punctatus</i>

Nombre común : Bagre de canal, channel catfish (Estados Unidos), pez gato.

HABITAT.

El bagre es una especie de aguas cálidas (Wilson, 1991) que habita en aguas de presas, lagos y ríos caudalosos, con fondo de grava, arena y escombros (Bardach, 1972; Aguilera y Zarza, 1986; Tucker and Robinson, 1990; Chávez, 1993; Neubacher, 1995), con una estación de crecimiento de al menos 6 meses o más a ciertas latitudes (Wilson, 1991). Evita los cuerpos de agua poco profundos con vegetación densa (Aguilera y Zarza, 1986).

En el día se encuentra en hoyos profundos protegidos. Su actividad está asociada con la alimentación, que se incrementa inmediatamente después de ponerse el sol y antes del amanecer (Aguilera y Zarza, *op. cit.*; Tucker and Robinson, 1990). Los peces jóvenes se alimentan en áreas poco profundas, mientras los adultos se alimentan en aguas más profundas, y no se mueven de un lado a otro como los peces jóvenes (Tucker and Robinson, *op. cit.*).

Típicamente se alimentan en el fondo, pero pueden tomar alimento en la superficie. Los peces jóvenes se alimentan de insectos acuáticos, mientras que los adultos se alimentan de insectos, caracoles, cangrejos, algas, plantas acuáticas y peces pequeños, que contribuyen en una gran cantidad en la dieta de los bagres mayores de 18 " de longitud total (Tucker and Robinson, *op. cit.*).

CICLO DE VIDA.

El bagre puede alcanzar la madurez sexual a una talla de 20 cm con un peso aproximado de 350 g (Aguilera y Zarza, 1986). Puede ocurrir a los 3 años de edad, pero el periodo varía de 2 a 5 años (Bardach, 1972; Aguilera y Zarza, *op. cit.*; Tucker and Robinson, 1990), a un peso de 1.5 a 5 Kg (Bardach, *op. cit.*). Una vez que el pez madura sexualmente, ocurre el desove (Tucker and Robinson, 1990). En la temporada de reproducción, el macho construye el nido en las paredes de los ríos o embalses, ya que prefiere áreas semioscuras en la naturaleza, tales como hoyos, huecos de tronco (Bardach, 1972; Aguilera y Zarza, 1986; Tucker and Robinson, *op. cit.*).

El desove ocurre cuando la temperatura del agua está entre 24 y 29 °C, en el periodo primavera-verano (Tucker and Robinson, *op. cit.*), aunque puede ocurrir a una temperatura mínima de 22 °C (Aguilera y Zarza, 1986) o menor aún, de 20-23 °C (Bardach, 1972), abarcando de mayo a agosto. La hembra desova en el sitio preparado por el macho, y éste fertiliza los huevos, cuidándolos después de la fecundación, oxigenándolos con sus aletas pectorales y pélvicas, y se encuentran compactados en una masa gelatinosa llamada "freza" (Bardach, *op. cit.*; Aguilera y Zarza, 1986; Tucker and Robinson, 1990).

Después que los huevos eclosionan, los alevines usan nutrientes almacenados en su saco vitelino (Bardach, *op. cit.*; Tucker and Robinson, *op. cit.*) por algunos días hasta que se desarrollan totalmente y son capaces de alimentarse (Aguilera y Zarza, 1986; Tucker and Robinson, *op. cit.*).

En la naturaleza su crecimiento es lento, y puede tomar de 2-4 años para alcanzar una libra, dependiendo el crecimiento de la temperatura ambiental y la disponibilidad de alimento (Tucker and Robinson, *op. cit.*; Neubacher, 1995).

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES.

Temperatura. Controla todos los aspectos del metabolismo de bagre y es un factor primario que afecta la factibilidad económica y comercial del cultivo de bagre (Tucker and Robinson, *op. cit.*). El bagre crece más rápido y convierte el alimento más eficientemente a temperaturas entre 26-29 °C (Tucker and Robinson, *op. cit.*; Lovell, 1989; Steffens, 1989; Wilson, 1991), aunque este rango puede variar de 28-30 °C (Wilson, 1996, *com. per.*; Robinson, 1996, *com. per.*), y 24-30 °C (Aguilera y Zarza, 1986), según el autor. El crecimiento decrece rápidamente a temperaturas superiores a 32 °C y por abajo de 21 °C (Tucker and Robinson, 1990).

Oxígeno. La tasa de consumo de oxígeno en bagre varía con la concentración de oxígeno disuelto, estatus de alimentación, peso del pez y temperatura del agua (Tucker 1985). La respuesta de los peces es mejor cuando las concentraciones de oxígeno disuelto son cercanas a la saturación en el día, y no bajan del 25 % de saturación en la noche (Boyd, 1982, citado por Tucker, *op. cit.*; Tucker and Robinson, 1990). Aguilera y Zarza (1986) citan niveles de oxígeno de 6 ppm para incubación y de 4-5 ppm para engorda.

pH. El rango de pH óptimo va de 6-9 (Aguilera y Zarza *op. cit.*; Tucker and Robinson, 1990).

CO₂. El bagre utiliza el CO₂ mejor que la mayoría de los peces: menos de 10 ppm son bien tolerados en concentraciones de oxígeno disuelto bajas, y puede sobrevivir en concentraciones tan altas como 50 ppm en concentraciones de oxígeno altas (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, *op. cit.*).

Alcalinidad y Dureza. Es una medida de la capacidad de amortización del agua. En la mayoría de las aguas dulces es atribuido a la presencia de bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) y en un menor grado al hidróxido (OH^-). El bagre crece en aguas con alcalinidad y dureza totales en un rango de 5 ppm a 400 ppm como CaCO_3 . Aunque en general el agua usada para criar bagre debe tener una dureza total de más de 20 ppm como CaCO_3 (Tucker, *op. cit.*; Aguilera y Zarza, 1986; Tucker and Robinson, *op. cit.*).

Amoníaco. Es el principal producto de la degradación proteica en peces (Tucker, *op. cit.*). Se sugiere menos de 1.5 mg/l (Aguilera y Zarza, 1986).

Sólidos suspendidos y turbidez. Sólidos suspendidos son partículas inorgánicas y orgánicas encontradas en la columna de agua e incluye cieno, arcilla, fitoplancton y detritus orgánico. La turbidez se refiere al decremento en la penetración de luz a través del agua, y es causada por la presencia de sólidos suspendidos, así como componentes coloreados solubles. El bagre tolera altos niveles de sólidos suspendidos, tanto como 100 000 ppm, aunque se notan cambios conductuales en aguas con 20 000 ppm (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990).

Nitritos y Nitratos. Están relacionados con el proceso de nitrificación y desnitrificación. El nitrito es tóxico para bagre en relativamente bajas concentraciones en aguas de baja clorinidad, mientras los nitratos son esencialmente no tóxicos (Tucker, *op. cit.*). La concentración de (NO_3^-) en estanques comerciales para bagre varía de 0-4 mg N/l o más (Tucker and Schweder, 1983, citado por Tucker and Robinson, 1990).

Cobre y Zinc. Pueden ser altamente tóxicos para bagre. Son relativamente comunes en la corteza de la tierra. Su toxicidad decrece cuando el pH, alcalinidad y dureza se incrementan. Los niveles máximos sugeridos para exposición prolongada en aguas de baja alcalinidad (menos de 100 ppm como CaCO_3) es de 0.01 ppm para cobre disuelto total y 0.03 ppm para zinc disuelto total (Piper et al, 1982, citado por Tucker and Robinson, *op. cit.*), y en aguas de más alta alcalinidad al menos lo doble de estas cantidades es tolerado (Tucker, 1985). Aguilera y Zarza (1986) mencionan requerimientos de cobre en el agua de 0.025 mg/l y para zinc de 0.1 mg/l.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.

Ver anexo 5.

ORIGINALIDAD.

Aún cuando la harina de soya y soya integral han sido empleados como ingredientes en diferentes alimentos para organismos acuáticos, existe solo 1 trabajo documentado que ha empleado coextruidos de pasta de soya y subproductos de pescado en alimentos para bagre, y uno en alimentos para camarón, con subproductos de calamar y cabezas de camarón.

HIPOTESIS.

1) Se pueden obtener coextruidos con características químicas y físicas relativamente constantes, estableciendo correctamente los parámetros de procesamiento por extrusión.

2) Los coextruidos de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora constituyen un ingrediente factible de utilizarse en la formulación de dietas para bagre, tanto desde el punto de vista tecnológico como económico.

3) Las formulaciones para bagre con inclusión de coextruidos de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora pueden mejorar su ganancia en peso y tasa de conversión alimenticia, obteniendo una razón costo-beneficio óptima para producción de bagre.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS

OBJETIVOS GENERALES.

1) Elaborar ingredientes coextruidos de calidad constante a partir de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora, para su utilización en dietas para bagre.

2) Elaborar dietas extruidas en forma de pelets expandidos y flotantes para bagre, de calidad constante, usando coextruidos de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora.

3) Determinar el efecto nutricional y la razón costo-beneficio en bagre, de las dietas extruidas, por medio de la realización de un bioensayo en jaulas flotantes.

FASE I.- COEXTRUIDOS.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1) **Determinar los parámetros de procesamiento en el extrusor, para la obtención de productos de calidad constante y reproducible:**

- Con pasta de soya sola humedecida a diferentes niveles (como modelo).
- Con mezclas de soya y subproductos de carpa en diferentes proporciones.

2) **Determinar las características físico-químicas de los productos elaborados: temperatura, amperaje, humedad inicial y final, composición bromatológica, solubilidad de la proteína, capacidad de retención de agua.**

3) **Estimar costos de producción de los coextruidos: Costo de energía eléctrica, costo de proceso (mano de obra, energía eléctrica, fletes de materia prima, mantenimiento, refacciones, etc.) y costo total de producción (costos de ingredientes y del proceso).**

MATERIAL Y METODOS

DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR.

COMPONENTES DEL EXTRUSOR.

Se empleó un extrusor Insta Pro modelo 600 JR, el cual se encuentra ubicado en la planta piloto de alimentos del Laboratorio de Maricultura, en la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL.

En su parte externa consta de los siguientes elementos (Fig. 2): a) Tolva mezcladora de productos, b) Motor del alimentador, c) Tolva pequeña, d) Entrada de agua, e) Cámara inicial, f) cinturón o abrazaderas, g) Cámara de compresión, h) Termómetro, i) Cabezal, j) Cono de nariz, k) Motor de arranque.

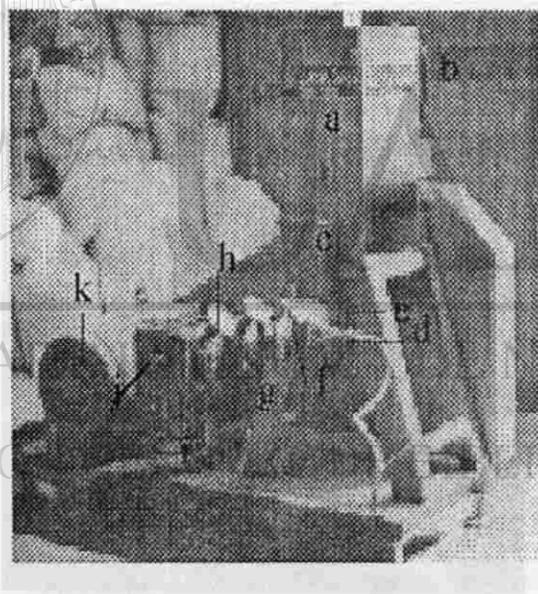


Fig. 2 .- Partes externas de extrusor Insta Pro 600 JR.

Dentro de las partes internas de ensamble del barril se encuentran las siguientes (fig. 3): a) Segmentos de tornillo de alabe sencillo, b) Anillos de presión, c) Rondana de presión y retenedor, d) Tornillo de bala.

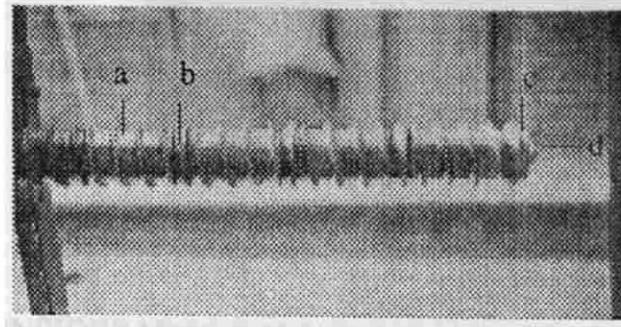


Fig. 3. - Partes internas de ensamble del barril.

Los anillos de presión (steamlocks) se presentan en 4 tamaños diferentes para este modelo, con una especificación técnica de acuerdo al modelo y un diámetro en pulgadas (Fig. 4): a) 600-10 p (3 ¼"), b) 600-10 (3 ½"), c) 600-08 (3 5/8") y d) 600-05 (3 ¾").

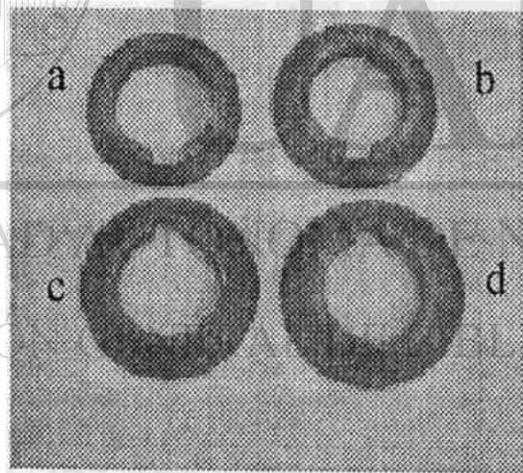


Fig. 4.- Anillos de presión (steamlocks) de extrusor Insta Pro 600 JR.

Además existen 2 diferentes diámetros de cono de nariz: de a)8 y b)13 mm de diámetro interno de salida (fig. 5).

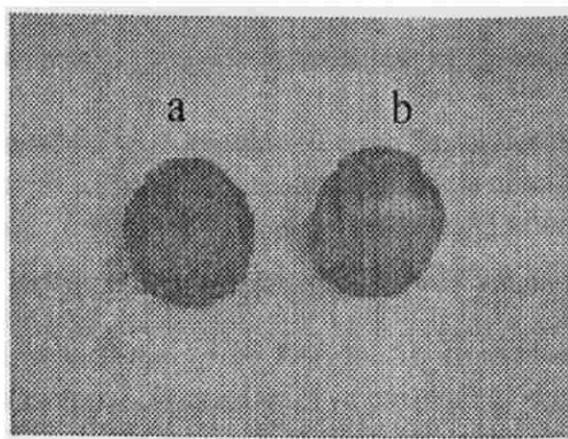


Fig. 5.- Conos de nariz de a) 8 mm y b) 13 mm de diámetro interno.

VARIABLES CONSIDERADAS PARA ESTANDARIZAR EL PROCESO.

Todas las pruebas se realizaron por ensayo y error, tomando los resultados más positivos de cada una de ellas para aplicar en los siguientes ensayos.

Para estandarizar el proceso se consideraron las siguientes variables :

a) Tornillo de alabe sencillo (Fig. 3) y anillos de presión (Fig. 4) 600-08/600-05/600-05/600-05, diámetro del cono 8 mm (5/16 ") (Fig. 5). Humedad de la pasta de soya ajustada al 35 %. Con estas variables constantes se presentaron las siguientes variaciones:

Prueba 1.- Alimentación 30 RPM, 2 vueltas del cono hacia afuera.

Prueba 2y3.- Alimentación 60 RPM, 2 vueltas del cono hacia afuera.

Prueba 4.- 60 RPM, 3 vueltas del cono hacia afuera.

Prueba 5.- 60 RPM, 5 vueltas del cono hacia afuera.

b) Tornillo de alabe sencillo (Fig. 3) y anillos de presión (Fig. 4) 600-10/600-08/600-08/600-08, diámetro del cono 8 mm (5/16 ") (Fig. 5). Humedad de la pasta de soya ajustada al 35 %. Con estas variables constantes se presentaron las siguientes variaciones:

Prueba 6.- Alimentación 60 RPM, 5 vueltas del cono hacia afuera.

Prueba 7.- Alimentación 60 RPM, 6 vueltas del cono hacia afuera.

Prueba 10.- Alimentación 70 RPM, 6 vueltas del cono hacia afuera.

Prueba 12.- Alimentación 80 RPM, 6 vueltas del cono hacia afuera.

c) Tornillo de alabe sencillo (Fig. 3) y anillos de presión (Fig. 4) 600-10/600-08/600-08/600-08, diámetro del cono 13 mm (1/2 ") (Fig. 5). Humedad de la pasta de soya

ajustada al 35 %. Con estas variables constantes se presentaron las siguientes variaciones:

Prueba 8.- Alimentación 60 RPM, 5 vueltas del cono hacia afuera.

Prueba 9.- Alimentación 60 RPM, 4 vueltas del cono hacia afuera.

Prueba 11.- Alimentación 70 RPM, 3 vueltas del cono hacia afuera.

d) Tornillo de alabe sencillo (Fig. 3) y anillos de presión (Fig. 4) 600-10/600-08/600-08/600-08, diámetro del cono 8 mm (5/16 ") (Fig. 5). Humedad de la pasta de soya ajustada al 40 %. Con estas variables constantes se presentó la siguientes variación:

Prueba 13.- Alimentación 70 RPM, 6 vueltas del cono hacia afuera.

MATERIAS PRIMAS.

INGREDIENTES EMPLEADOS PARA ESTANDARIZAR EL PROCESO.

Para estandarización del proceso se empleó como modelo pasta de soya (extraída por solventes), adquirida en AYAMSA (Aceites y Algodones Mexicanos S.A.), en Monterrey, N.L., con un tamaño de partícula que pasaba por las mallas 10 (70 %) y 18 (2000/1000 micrones), que fue mezclada con agua hasta ajustar un 35 % de humedad total (considerando la humedad que aporta la pasta de soya más el agua adicionada), para simular la humedad que aportarían los subproductos de pescado en la proporción 60s:40p. Se trabajó con lotes mínimos de 30 Kg (incluyendo el agua), hasta la obtención de pasta de soya texturizada, de apariencia y olor agradable, color café claro y buen sabor. Este producto se empleó como ingrediente en una dieta experimental (D1 control).

INGREDIENTES EMPLEADOS PARA COEXTRUIR. OBTENCION DE SUBPRODUCTOS HUMEDOS.

Las condiciones que se determinaron en la estandarización del proceso se aplicaron a los coextruidos. Se emplearon pasta de soya (extraída por solventes), adquirida de AYAMSA, y subproductos de carpa herbívora, adquiridos en la granja de bagre Acuacultivos Mexicanos, S.A. de C. V. (ACUMEX S.A. DE C.V.) en Abasolo, Tamps., procedentes de una granja de cultivo de carpa (herbívora, común y plateada), ubicada en Pánuco, Ver. Estos subproductos fueron trasladados desde Veracruz ya eviscerados a Abasolo en un camión frigorífico. En ACUMEX se molieron inmediatamente en un molino de Carne Torrey, empleando únicamente el esqueleto, debido a que por la dureza de la cabeza, ésta no pudo molerse.

Los productos molidos fueron almacenados en una cámara de congelación, a -15 °C, y desde aquí trasladados a Monterrey para almacenarlos en frigoríficos en renta, en Monterrey, N.L., a la misma temperatura anterior, hasta su utilización. Se utilizó el subproducto de esta especie por su disponibilidad en ese momento.

ELABORACION DE COEXTRUIDOS.

PREPARACION DE MEZCLAS.

Los subproductos de pescado (p) se descongelaron una noche antes de procesarse, en cubetas de plástico de 20 l. Posteriormente se mezclaron con pasta de soya (s) en las siguientes proporciones : 70 s:30 p, 60 s:40 p y 50 s:50 p en una mezcladora vertical marca HOBART , de 3 HP y de aproximadamente 25 Kg de capacidad, por un tiempo de 3-5 minutos hasta observar homogeneidad en las mismas.

Se prepararon lotes de 15-18 Kg , empleando una báscula marca Torrey, de 15 kg de capacidad; la cantidad pesada fue determinada por la disponibilidad del subproducto húmedo, y para efectuar 3 repeticiones por cada coextruido.

EXTRUSION DE MEZCLAS.

Las condiciones tecnológicas empleadas en el proceso fueron determinadas como principal objetivo y se describen al inicio de la metodología. Las mejores condiciones de proceso se citan en resultados (Tabla 2). Previamente a la extrusión de las mezclas experimentales se calentó y lubricó el barril extusor con frijol de soya (cuyo grano es rico en aceite) hasta una temperatura de 120 - 130 °C (debido a que en las pruebas preliminares efectuadas para estandarizar el proceso, se observó que es cuando la pasta de soya empieza a texturizar) para poder estandarizar el proceso con los pequeños lotes experimentales preparados (15-18 Kg) para cada prueba. Al término del periodo de calentamiento y lubricación se procesó cada una de las mezclas por separado. El producto resultante fue secado al sol, extendido en el piso. El tiempo de secado al sol varió de acuerdo a la humedad final del coextruido procesado, desde 3 H hasta 6 H, y se guardó el producto hasta que se comprobó físicamente que estaba seco.

PARÁMETROS FISICOS REGISTRADOS.

Se registraron cada 20 s el amperaje (amp) y temperatura (°C) durante el proceso. La temperatura corresponde a la registrada en el termómetro del último segmento del barril. La lectura del amperaje fue tomada del tablero de control del extrusor.

MERMA POR PROCESO.

Se determinó el % de humedad perdido en el producto, tomando muestras de la mezcla (pre-proceso) y del coextruido a la salida del extrusor (post-proceso), en bolsas de polietileno, por el método descrito en AOAC, 1990 .

Para conocer la merma del producto extruido por efecto del proceso se consideró 1) la deshidratación (para ello se pesaron las mezclas húmedos antes de extruir y después de extruir), y

2) el peso del producto crudo estancado dentro del barril. Los valores fueron expresados en porcentajes con respecto al peso inicial.

ANALISIS QUIMICOS.

ANALISIS BROMATOLOGICOS DE INGREDIENTES Y COEXTRUIDOS.

Se determinó la composición bromatológica de pasta de soya y subproductos de pescado (carpa herbívora), y de los coextruidos mediante las técnicas descritas en AOAC, 1990 (Tabla 1).

Tabla 1.- Parámetros determinados para análisis bromatológico de ingredientes y coextruidos.

PARAMETRO	METODO	APARATO EMPLEADO
HUMEDAD	gravimétrico	Estufa de aire caliente Marca Shellab 1330 FX 70 °C/24 hrs.
CENIZA	gravimétrico	Mufla marca Thermolyne Type 1500 Furnace 600 °C/2 H
PROTEINA	Kjeldahl	Unidad de Digestión Tecator 2006/420 °C Unidad de Destilación Tecator Kjeltec System 1026
GRASA	Soxleth	Extractor Tecator 1045
FIBRA	Filtración con Fibra cerámica	Parrilla Corning Hot Plate
ELN	Por diferencia	

DETERMINACION DE CALCIO DE INGREDIENTES Y COEXTRUIDOS.

Para determinación de calcio se empleó el método de Absorción Atómica Digestión Vía Seca (Anón.,1986, Perkin Elmer Corp.), (Anexo 1), usando un espectrofotómetro de absorción atómica Marca Zeiss Germany FMD4 y lámpara de cátodo hueco de calcio. Se empleó una $\lambda = 422.7$ nm.

Se elaboraron 2 curvas estándares de calcio para leer las muestras (Anexo 2). Cada curva fue elaborada al momento de leer las muestras. Para los coextruidos y suproductos de pescado se empleó el espectrofotómetro de Absorción Atómica del Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Biología, y para la pasta de soya, además de los alimentos extruidos y otros ingredientes, se usó el espectrofotómetro del Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía, en Marín. N.L., que tiene las mismas características que el anterior. Este equipo fue usado debido a que el primer aparato se dañó. Además las muestras fueron leídas en momentos diferentes. El tratamiento de las muestras se efectuó por triplicado para ingredientes y replicados de coextruidos.

Se encontraron las siguientes ecuaciones de regresión para las curvas estándares de calcio:

a) Ecuación de la recta para coextruidos y subproductos de pescado.

$$y = -0.00067 + 0.000375 x$$

$$r = 0.9993$$

$$r^2 = 0.9985$$

donde : y = absorbancia y x = ppm de Ca en la curva std.

b) Ecuación de la recta para pasta de soya :

$$y = 0.049 + 0.017 X$$

$$r = 0.9946$$

$$r^2 = 0.9891$$

donde : y = absorbancia y x = ppm de Ca en la curva std.

DETERMINACION DE FOSFORO DE INGREDIENTES Y COEXTRUIDOS.

Para fósforo se empleó el método espectrofotométrico del Molibdo vanado fosfato (Acción final) , AOAC, 1990 (Anexo 1), usando un espectrofotómetro marca Beckman DU 650 y lámpara de luz visible. Se realizaron varios barridos de luz visible con la muestra más concentrada para determinar la mejor longitud de onda a la que se deberían tomar las lecturas, obteniéndose picos de absorbancia máxima de 403 nm, 407 nm, 409 nm, 411 nm y 414 nm, y un valor promedio de 408.8 nm, y redondeado a 410 nm para efectuar las lecturas. Se elaboró una curva estándar para estas muestras (Anexo 2). El tratamiento de muestras se efectuó por triplicado para los ingredientes y cada uno de los coextruidos.

Se encontró la siguiente ecuación de regresión :

$$y = -0.061 + 69.599 x$$

$$r = 0.9987$$

$$r^2 = 0.9974$$

donde y = absorbancia y x = mg de P_2O_5 en la curva std.

SOLUBILIDAD DE PROTEINA.

DE PASTA DE SOYA Y SUBPRODUCTOS DE CARPA HERBIVORA SIN PROCESAR.

Para evaluar el efecto del proceso sobre la solubilidad de la proteína de coextruidos, se usó la técnica de Rinehart, citada por Dale 1992 (Anexo 1), la cual evalúa el efecto del procesado sobre la proteína de la pasta de soya. Se basa en la solubilidad de la proteína en una solución de KOH al 0.2 %, empleando el método Kjeldahl para determinar la proteína cruda. También se determinó la solubilidad de la proteína de pasta de soya, soya extruída y subproductos de carpa herbívora crudos por separado y se calculó el valor teórico de solubilidad en coextruidos antes de coextruir, para poder determinar el efecto del proceso sobre la solubilidad de proteína de la mezcla.

SOLUBILIDAD DE PROTEINA DE COEXTRUIDOS.

Para medirla se tomaron 3 muestras cada coextruido y por cada replicado: al inicio, a la mitad y al final del proceso, para evaluar el posible efecto de la temperatura a diferentes tiempos, generando 9 muestras por tratamiento. Estas fueron colectadas en bolsas de polietileno, secadas en estufa de aire Shellab 70 °C/24 hrs, y molidas posteriormente para su análisis.

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA

ENSAYO PRELIMINAR CON SOYA EXTRUIDA.

Se empleó el método propuesto por la Asociación Americana de Soya (Kearns, 1994, Audelo, 1995, com. per.). Se hicieron pruebas preliminares con soya extruída, pesando aproximadamente 5 gr de la muestra texturizada, se hidrató en un volumen de agua destilada en un vaso de precipitado de 400 ml, a 5, 10, 15, 20 y 25 minutos para determinar el mejor tiempo de retención de agua, cada uno con 3 replicados. Se dejó escurrir en una malla plástica durante 5 minutos y se volvió a pesar la muestra, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Retención de agua} = \frac{\text{peso de rehidratación} - \text{peso original}}{\text{peso original}}$$

Se aplicó un ANOVA de una vía, observando que no hubo diferencias significativas en cuanto a tiempo ($p > 0.05$), tomando 5 minutos para el análisis en coextruidos.

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA PARA COEXTRUIDOS.

Para éstos se siguió el proceso descrito anteriormente. Se pesaron exactamente 5.01 g de cada coextruido y se hidrataron en 150 ml de agua destilada 5 minutos, con 3 replicados para cada uno.

ANALISIS DE COSTOS DE COEXTRUIDOS.

Para efectuar el análisis de costos de los coextruidos elaborados se consideraron varios factores: el costo de la energía eléctrica empleada en el proceso, el costo de la mano de obra, fletes de materia prima, mantenimiento/refacciones del extrusor y otros gastos, y el costo de los ingredientes.

COSTO ESTIMADO DE ENERGIA ELECTRICA.

Para estimar el costo de energía eléctrica, se consideró la potencia en HP de los motores que intervenían en el proceso, su equivalente en KW y el rendimiento (las horas de trabajo requeridas para procesar una tonelada de la mezcla húmeda). El rendimiento varió de acuerdo a la humedad de la mezcla, ya que después de cierto punto a mayor humedad, mayor tiempo de proceso (Tabla 18).

El costo de energía eléctrica se estimó en \$0.155/KWH para el mes de marzo (Tarifa T₇-OM), y fue proporcionada por la CFE en Monterrey. La energía eléctrica presenta un incremento de 1.2 % mensual, y el costo fue proporcionado de acuerdo a las siguientes especificaciones técnicas:

- a) Existe una subestación propia o transformador de 50 KW
- b) La energía se toma de alta tensión (13.8 Kvolts-34.5 Kvolts).

Sólo al inicio del proceso se agregó un 20 % al costo de energía eléctrica por arranque (motor de 50 HP), ya que en este momento es cuando se genera un alto consumo de electricidad (picos de electricidad).

COSTO ESTIMADO POR PROCESO.

Para esta fase se consideraron la mano de obra requerida para procesar una tonelada del coextruido, el costo de la energía eléctrica, fletes de materias primas, mantenimiento/refacciones y otros gastos (Tabla 20). Para mano de obra se consideró el salario mínimo/día vigente en el mes de marzo en Monterrey (\$18.70 /día), y que se requieren por lo menos 2 personas para efectuar el proceso.

La energía eléctrica se calculó en el apartado anterior y los demás rubros fueron tomados de un análisis de costos efectuados por la empresa ACUMEX S.A. DE C.V., la cual elabora su propio alimento en un sistema de extrusión similar al descrito aquí, sólo que con mayor capacidad de producción/hr.

COSTOS DE INGREDIENTES.

La pasta de soya se cotizó en \$2.36/Kg y los subproductos de pescado en \$0.50/Kg, y para el costo de las mezclas sin procesar se calculó de acuerdo al % de inclusión de cada uno de ellos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se empleó en todos los casos un test de Homogeneidad de varianza usando la prueba de Bartlett y Levene, de acuerdo al programa estadístico empleado (SPSS para DOS y SPSS 5.0 para WINDOWS), seguido de un análisis para detectar diferencias significativas entre los tratamientos probados, y si había diferencias significativas entre ellos ($p < 0.05$) se aplicó un test de Rango Múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1992) para comparaciones múltiples de medias entre tratamientos.

Se establecieron correlaciones entre los parámetros de proceso (amperaje, temperatura, humedad, etc.), y entre solubilidad de proteína y los parámetros de proceso.

Para conocer si había un efecto significativo de la humedad inicial sobre la humedad final y de los tratamientos sobre la humedad final, se aplicó un análisis de covarianza.

RESULTADOS

DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR PARA ELABORACION DE COEXTRUIDOS.

EXTRUSION DE PASTA DE SOYA.

Se realizaron un total de 13 pruebas, variando en cada una de ellas el tamaño y orden de los anillos de presión (como se describe en material y métodos), según se fuesen observando las características de la pasta de soya extruída, que podía ser desde mal texturizado a quemado o ocurrir un taponamiento del barril extrusor.

La velocidad de alimentación de las mezclas fluctuó desde 30 RPM hasta 80 RPM, con diferentes resultados en cada caso, obteniéndose los siguientes resultados en cada prueba :

Prueba 1.- Producto quemado (140 °C), con taponamiento del barril extrusor. Demasiados finos. Prueba eliminada.

Prueba 2 y 3.- Producto de color no uniforme (claro-oscuro), obtenido a 125-130 °C. No quemado. Mal texturizado, demasiados finos. Taponamiento del barril extrusor. Prueba eliminada.

Prueba 4 y 5.- Productos de color no uniforme (claro-oscuro), obtenido a 135-150 °C. Mal texturizado, demasiados finos. No se estabilizó la temperatura. Taponamiento del barril extrusor en Prueba 4. Prueba eliminada.

Prueba 6.- Configuración de anillos más adecuado. Producto de color uniforme, menos finos. Aunque subió mucho la temperatura (hasta 155 °C), no se quemó el producto. Proceso continuo.

Prueba 7.- Producto texturizado de color uniforme (café claro), obtenido a 130 °C. Proceso continuo.

Prueba 8 y 9.- La soya no texturiza, incontinuidad en el proceso. El producto obtenido es de color café claro. Temperatura de 130 °C. Se elimina el cono de ½ “.

Prueba 10.- Pasta de soya bien texturizada, de color café claro. No se quemó el producto. Temperatura inicial de 130 °C. Estabilidad en el proceso en 150-157 °C. En esta prueba se obtuvieron las mejores condiciones de proceso (Tabla 2).

Prueba 11.- Pasta de soya no texturizó. El producto obtenido fue de color café claro. Temperatura inicial de 135 °C y temperatura final de 125 °C. Salida del producto incontinua.

Prueba 12.- Pasta de soya mal texturizada. Demasiados finos. Temperatura inicial 130 °C y temperatura final de 155 °C. El proceso tiende a estabilizarse en temperatura (150 °C).

Prueba 13.- Esta prueba tuvo mayor contenido de humedad (40 %). La pasta de soya texturiza adecuadamente a 140 °C. Color uniforme, sin muchos finos. La temperatura inicial fue de 130 °C y el proceso se estabilizó a 150 °C. Flujo del producto continuo. Las variables de esta prueba es similar a las de la prueba 10. Sólo cambia el contenido de humedad de la mezcla.

Las mejores condiciones de proceso se muestran en la tabla 2, donde se observa que se requieren temperaturas mínimas de 130-140 °C para iniciar el proceso y texturizar la pasta de soya inmediatamente, así como una restricción de anillos de presión intermedia, en cuanto al diámetro de los mismos, y que son inferiores a la configuración inicial propuesta : 600-08/600-05/600-05/600-05, que no dió los resultados esperados.

Tabla 2.- Parámetros óptimos de proceso de coextrusión de pasta de soya y subproductos de pescado.

Parámetro	Unidad de Medida	Valor Experimental Obtenido
*Anillos de presión	Std	600-10/600-08/600-08/600-08
Diámetro int. de cono de nariz	mm, "	8 mm o (5/16 ")
**No. de vueltas del cono	-----	6
Velocidad de Alimentación	rpm	50 - 70
Temperatura inicial	°C	130 °C

*Tienen valor dado en pulgadas, citados en material y métodos.

**Inicia desde que pega con el tornillo de bala.

En las condiciones indicadas en la tabla 2, se obtuvo un proceso de extrusión adecuado de la pasta de soya, caracterizado por la continuidad del flujo del producto, la estabilidad en temperatura (alrededor de 155 °C) y amperaje (60 amperes) (Fig. 6), y la homogeneidad en la apariencia de la pasta de soya post-proceso: texturizada y hojuelada, color café claro uniforme, olor y apariencia física agradables.

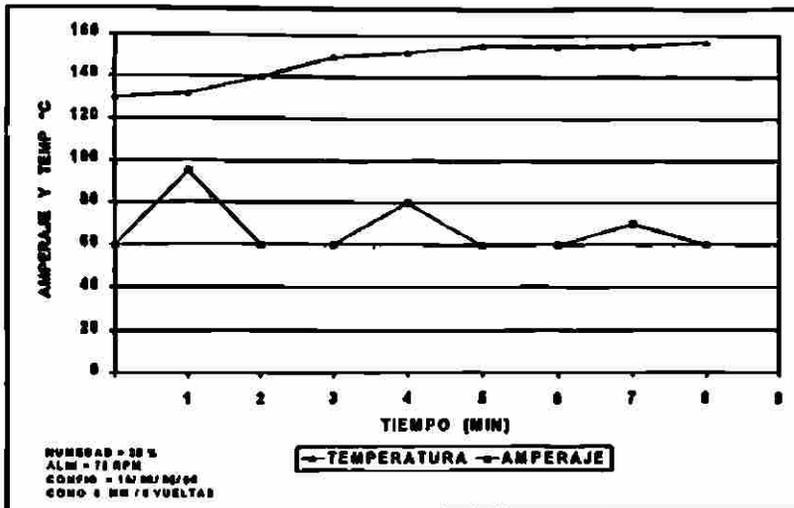


Fig. 6.- Temperatura y amperaje registrados para la extrusión de pasta de soja (Prueba # 10).

EXTRUSION DE MEZCLAS.

Se aplicaron las especificaciones técnicas descritas en tabla 2, para la extrusión de las diferentes mezclas.

Se observó para cada coextruido elaborado con sus 3 replicados, estabilidad en temperatura y amperaje (Figs. 7, 8 y 9 para las mezclas 70 s:30p, 60 s:40 p y 50 s:50 p respectivamente). Los puntos de la gráfica donde se observa un aumento inicial del amperaje, corresponden al momento en que empieza a salir el producto. Después tiende a estabilizarse. La caída de los mismos indica el final del proceso.

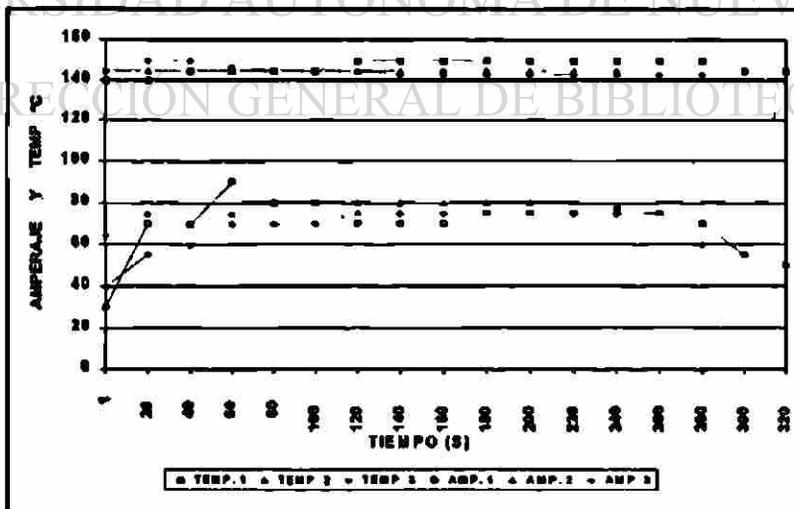


Fig. 7.-Temperatura y amperaje durante la coextrusión de pasta de soja (70 %) y subproductos de carpa herbívora (30 %).

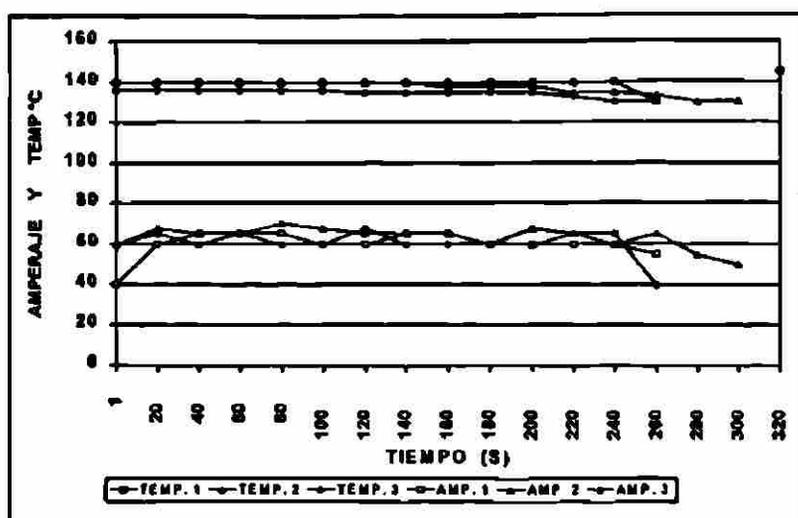


Fig. 8.-Temperatura y amperaje durante la coextrusión de pasta de soya (60 %) y subproductos de carpa herbívora (40 %).

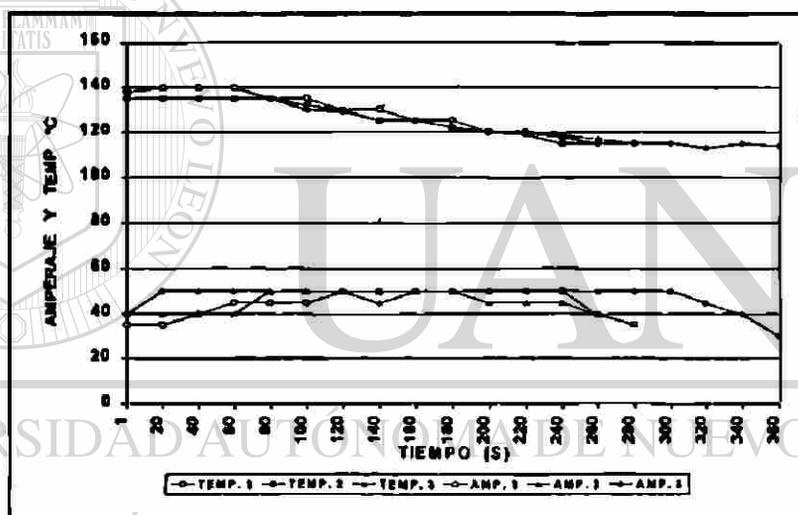


Fig. 9.-Temperatura y amperaje durante la coextrusión de pasta de soya (50 %) y subproductos de carpa herbívora (50%).

En el tratamiento 50 s:50 p (Fig.9) se observó una clara tendencia a disminuir la temperatura a medida que transcurre el tiempo de proceso, y aunque la temperatura media de las 3 repeticiones es de 126 °C, es hasta los 115 °C cuando tiende a estabilizarse la temperatura; el amperaje tiene una leve caída, que corresponde al momento en que termina de extruirse la mezcla.

EFFECTO DE INCLUSION DE SUBPRODUCTOS DE PESCADO EN LA TEMPERATURA Y AMPERAJE DEL PROCESO.

La temperatura promedio y amperaje promedio del proceso de cada coextruido disminuyeron mientras mayor fue el % de inclusión de subproductos de pescado (Tabla 3, Fig. 10), observándose diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) en la humedad inicial de las

mezclas a coextruir, amperaje y temperatura promedio alcanzados durante el proceso de cada uno de los diferentes coextruidos.

Tabla 3.- Valores promedio de los parámetros de proceso registrados durante la elaboración de coextruidos de pasta de soya (s) y subproductos de pescado (p).

% inclusión del subproducto en el coextruido	* % Humedad Inicial de la mezcla	** Temperatura °C	** Amperaje Amp.
70 s:30 p	26.95 ± 1.58 a	145.69 ± 2.78 c	71.15 ± 10.94 c
60 s:40 p	32.42 ± 1.46 b	137.07 ± 3.42 b	61.23 ± 6.05 b
50 s:50 p	36.38 ± 1.83 c	126.27 ± 8.49 a	45.83 ± 5.39 a
P (0.05)	0.0000	0.0000	0.0000

Letras diferentes indican que difieren significativamente ($P > 0.05$).

Valores representan la media de cada parámetro.

* n=9 casos/trat., generando 27 casos para análisis estadístico.

** n=45, 44 y 48 casos para cada tratamiento, generando 137 casos para análisis estadístico. Se consideraron todas las lect. registradas

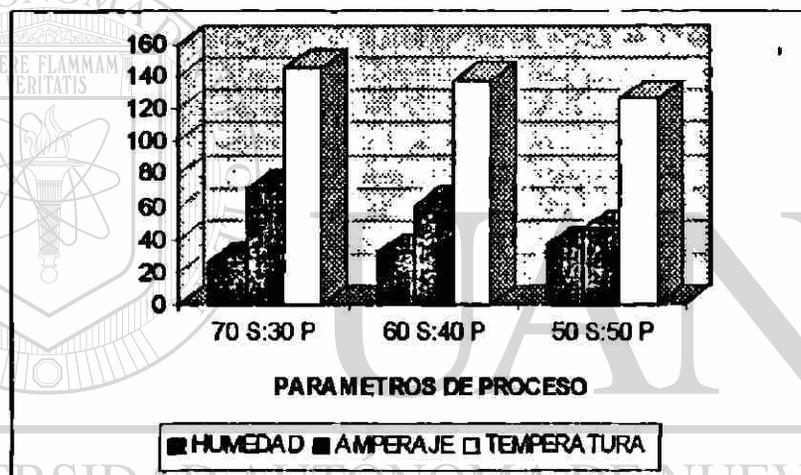


Fig. 10.- Valor promedio de los parámetros registrados en el proceso de coextrusión de pasta de soya (S) y subproductos de carpa herbívora (P).

Se observaron altas correlaciones entre los valores de los parámetros registrados y el % de inclusión de subproductos de pescado en los coextruidos (Tabla 4), lo que es indicador de la alta asociación existente entre dichos valores: a mayor concentración de subproducto (humedad), el coextruido alcanza menor temperatura y menor amperaje. La mejor correlación se observó entre temperatura y amperaje (Fig. 11).

Tabla 4.- Coeficientes de correlación observados para parámetros de proceso de coextruidos.

	% Humedad Inicial	Temperatura °C	Amperaje Amp
% de inclusión de subproductos de pescado en coextruido	0.9958	-0.9979	-0.9923
P	0.059	0.041	0.079
% Humedad Inicial		-0.9877	-0.9767
P		0.1	0.138
Temperatura °C			0.9982
P			0.038

El coeficiente de correlación entre los mismos parámetros es 1.
Se empleó la media de cada uno de los parámetros para análisis estadístico.

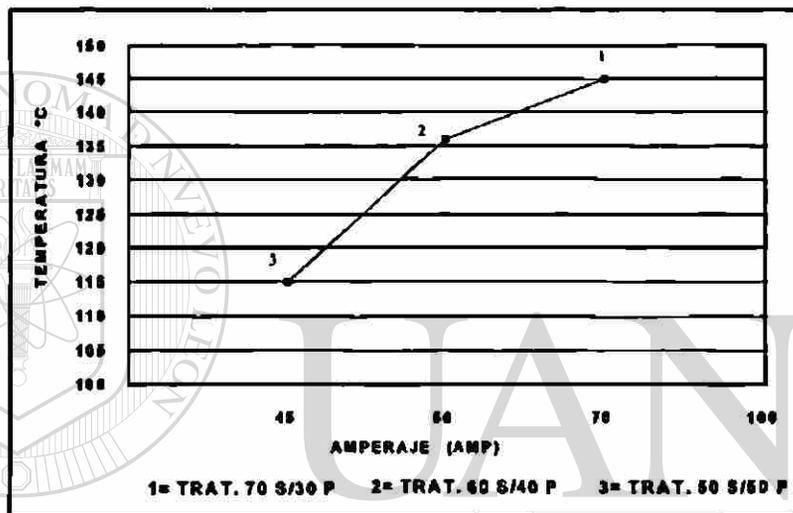


Fig. 11.- Relación observada en temperatura y amperaje de coextruidos por efecto de la inclusión de subproductos de pescado.

MERMA POR PROCESO.

La pérdida de humedad por efecto del proceso fue mayor para el coextruido con la menor inclusión de subproductos de pescado (tabla 5 y fig. 12), por lo tanto con menor contenido de humedad, pero no difiere significativamente de la pérdida de humedad del coextruido 60 s:40 p ($p > 0.05$), sin embargo la pérdida de humedad para ambos resulta significativamente mayor con respecto al coextruido 50 s:50p ($p < 0.05$).

Al considerar la pérdida de humedad en valores absolutos (Tabla 5), resulta casi el mismo valor para los coextruidos 70 s:30 p y 60 s:40 p (7.53 y 7.72 respectivamente), pero el valor más bajo corresponde al coextruido 50 s:50 p (4.34), que pierde la menor cantidad de humedad en el proceso.

Al estimar la humedad inicial esperada (Tabla 6), considerando la humedad de los ingredientes a coextruir por separado, con respecto a la humedad inicial real, se observó una leve diferencia entre estos valores, siendo más baja la humedad real. Esto se debió tal vez a la

deshidratación producida por el efecto de congelación sobre los subproductos de pescado, que estuvieron almacenados aproximadamente 3 meses antes de su uso, así como por el efecto del mezclado.

Un análisis de covarianza efectuado para conocer el efecto de la humedad inicial sobre la humedad final de los coextruidos, muestra que no es significativo ($p= 0.489$), pero el efecto del nivel de inclusión de subproductos de pescado en el coextruido sobre la humedad final si es altamente significativo ($p<0.05$).

Tabla 5 .-% de humedad perdida por proceso en los coextruidos.

% de inclusión de subprod. de pescado en coextruido	% Humedad Inicial	% Humedad Final	% Humedad perdida con respecto a la humedad inicial	Humedad Perdida en % de la mezcla
70 s:30 p	26.95 ± 1.58 a	19.42 ± 1.19 a	27.89 ± 2.97 b	7.53
60 s:40 p	32.42 ± 1.46 b	24.70 ± 0.81 b	23.61 ± 5.03 b	7.72
50 s:50 p	36.38 ± 1.83 c	32.04 ± 0.38 c	11.69 ± 5.10 a	4.34
prob. Anova (0.05)	0.0000	0.0000	0.0000	
prob. Bartlett	0.819	0.016	0.291	

n= 9 valores por tratamiento, generando 27 casos.

Los valores están expresados en %.

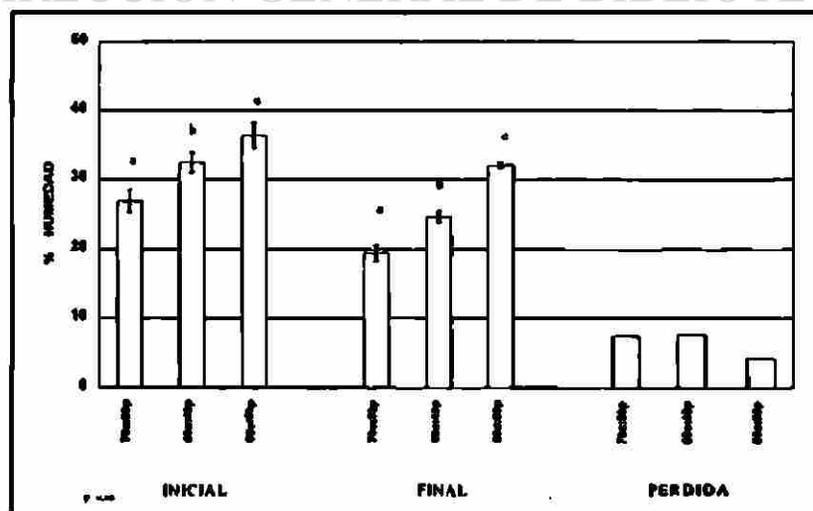
Letras diferentes denotan diferencias significativas en $p<0.05$.

s= pasta de soja y p=subprod. de carpa herbívora.

Tabla 6.- Humedad inicial esperada y real para coextruidos.

% de inclusión de subprod. de pescado en coextruidos	% Humedad Inicial esperada	% Humedad Inicial real
70 s:30 p	27.91	26.95
60 s:40 p	34.54	32.42
50 s:50 p	41.18	36.38

S= pasta de soja y p= subproductos de carpa herbívora.



Letras diferentes indican diferencias significativas en $p<0.05$.

Fig. 12.- Humedades obtenidas para coextruidos.

Considerando la cantidad procesada en Kg como un 100 %, el desglose de las mermas por evaporación de agua y retención de producto crudo en el extrusor, es el siguiente (Tabla 7):

Tabla 7.- % de pérdida por proceso considerando el peso inicial en Kg.

% inclusión de subprod. de pescado en coextruído	*Peso Inicial Kg	% Prod. obtenido después de extruído	% retenido en extrusor	% de agua perdido
70 s:30 p	17.94	86.64 ±0.48	5.70 ± 0.11	7.66 ± 0.55
60 s:40 p	16.96	88.08 ± 2.20	5.61 ± 0.34	6.31 ± 1.97
50 s:50 p	15.46	91.00 ± 1.68	5.01 ± 0.57	3.98 ± 2.23

*El peso inicial en Kg es la media de los replicados de cada coextruído elaborado.

s= pasta de soya/p= subproductos de carpa herbívora.

Como se puede observar la tabla 7, la pérdida de agua en el coextruído por efecto de la extrusión, disminuyó en forma inversa a la inclusión de subproductos de pescado en el coextruído. Se extruyó el total de la mezcla preparada. No hubo reprocesamiento de los primeros Kg obtenidos, debido a que al iniciarse con altas temperaturas (120-130 °C), el total del producto extruído fue de la misma calidad.

Al considerar el rendimiento del producto obtenido después de extruído, con respecto al peso inicial, se observa que el mayor rendimiento es para el coextruído 50 s:50 p en base húmeda (91%) (Tabla 8 y Fig. 13), debido a que pierde muy poca agua durante el proceso, pero después del secado, su rendimiento en % en materia seca es el menor (61.84 %) (porque su contenido de humedad inicial es mayor que la de los demás coextruídos).

Tabla 8.- % de coextruídos obtenidos antes y después del secado.

% inclusión de subprod. de pescado en coextruído	*Peso Inicial Kg	% producto obtenido después de extruído (húmedo)	% producto obtenido después de extruído y secado
70 s:30 p	17.94	86.64	69.81
60 s:40 p	16.96	88.08	66.32
50 s:50 p	15.46	91.00	61.84

s= pasta de soya p= subproductos de carpa herbívora.

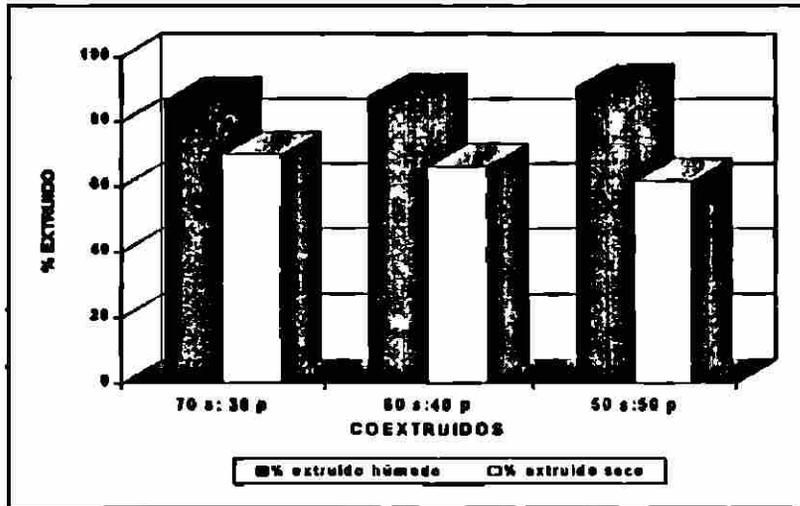


Fig. 13.- Rendimiento en % de coextruidos, antes y después del secado.

ANÁLISIS QUÍMICOS.

COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE INGREDIENTES Y COEXTRUIDOS.

Como se observa en la tabla 9, el aporte de nutrientes de los subproductos de carpa herbívora es muy superior al de la pasta de soya cuando son comparados en base seca, excepto en extracto libre de nitrógeno. Este mayor aporte de nutrientes lo hace nutricionalmente importante. La soya extruída mostró un % de lípidos, ceniza y fibra más alto con respecto a la pasta de soya sin proceso, debido a la lubricación inicial del tomillo del extrusor con frijol de soya, que es rico en aceite y fibra. Estos incrementos hacen que la proteína sea ligeramente inferior a la de la pasta de soya.

Tabla 9.- Composición bromatológica de ingredientes que componen los coextruidos.

Ingrediente	Materia seca	Proteína	Lípidos	Ceniza	Fibra	ELN	Energía Kcal/gr	Ca	P
Pasta de soya	92	51.40	0.32	7.27	3.43	34.57	4.33	0.30	0.71
Pasta de soya extruída	91.89	51.09	0.82	7.36	4.47	33.29	4.30	0.30	0.72
Subprod. de carpa herb.	25.64	67.94	15.29	14.70	0.00	2.07	5.34	2.65	2.57

Valores de ingredientes reportados en base seca

El factor de conversión de proteína empleado en los ingredientes fue 6.25.

En cuanto a los coextruidos (tabla 10 y Fig. 14), el contenido de proteína, fibra y ceniza no difiere significativamente en los 3 tratamientos ($P > 0.05$), pero la grasa, calcio (Ca) y fósforo (P) sí lo hacen significativamente ($p < 0.05$), y sus valores aumentan en razón directa a la inclusión de subproducto de pescado. El % de carbohidratos (ELN) baja en relación al incremento de los subproductos de pescado.

Tabla 10.- Composición bromatológica de coextruidos de soya y pescado.

Coextruido	**Humedad	Proteína	Lípidos	Ceniza	Fibra	ELN	Ca	P
70 s:30 p	6.24	51.42	2.09	8.68	2.15	35.66	0.71	1.02
DS	0.23	0.44 a	0.18 a	0.37 a	0.20 a	0.69 c	0.09 a	0.07 a
60 s:40 p	5.70	51.61	3.04	9.13	2.29	33.93	0.99	1.15
DS	0.46	0.97 a	0.30 b	0.92 a	0.10 a	1.68 b	0.11 b	0.04 b
50 s:50 p	5.28	51.75	4.65	9.03	2.36	32.21	1.49	1.28
DS	0.24	0.71 a	0.35 c	0.62 a	0.30 a	0.75 a	0.21 c	0.07 c
P (anova)		0.6283	0.0000	0.3560	0.1368	0.0000	0.0000	.0000
Test de homog. de varianzas		0.112	0.218	0.062	0.021	0.018 *	0.152 *	0.31

Valores de coextruidos reportados en base seca.

N=9 valores por tratamiento, generando 27 casos para el análisis estadístico.

El factor de conversión de proteína fue 6.25.

Letras diferentes denotan diferencias significativas, en $p < 0.05$.

*Test de Homogeneidad de varianzas de Levene (SPSS 5.0 WIN). Todos los demás son de Bartlett (SPSS DOS).

**% de humedad obtenido después de secar.

Al efectuar un cálculo teórico del aporte de nutrientes esperados de los coextruidos, considerando el análisis bromatológico de sus ingredientes, en base seca (Tabla 11), nutrientes como lípidos, ceniza, extracto libre de nitrógeno, calcio y fósforo mostraron una tendencia a ser más bajos con respecto a los analizados en el laboratorio, no así la proteína y fibra, que fueron más altos que los valores analizados.

Tabla 11.- Aporte teórico de nutrientes de coextruidos de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora.

Coextruido	Proteína	Lípidos	Ceniza	Fibra	ELN	Ca	P
70 s:30 p	53.21	1.91	8.07	3.07	33.82	0.56	0.91
60 s:40 p	53.99	2.66	8.44	2.90	32.01	0.67	1.00
50 s:50 p	55.00	3.58	8.89	2.69	29.83	0.82	1.11

Valores calculados en base seca, considerando el aporte en materia seca de los ingredientes de cada coextruido.

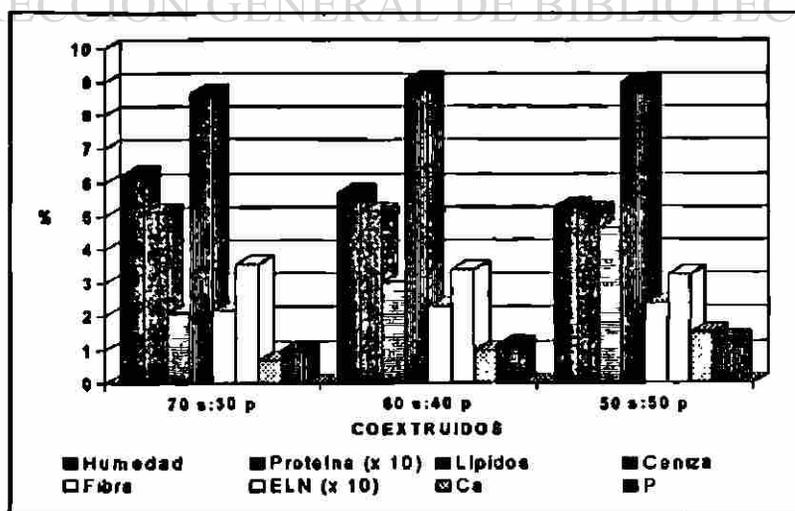


Fig. 14.- Composición bromatológica de coextruidos (b.s.).

DETERMINACION DE CALCIO Y FOSFORO DE INGREDIENTES Y COEXTRUIDOS.

Como se observa en la tabla 10, fig. 14, hubo un claro incremento en la concentración de calcio y fósforo con la inclusión de subproductos de pescado, obteniendo diferencias significativas entre los 3 coextruidos ($p < 0.05$). El calcio presentó una doble concentración en el tratamiento 50 s:50 p con respecto al primer tratamiento. Se presenta una relación aproximada 1:1 en los coextruidos 60s:40p y 50s:50p de ambos elementos y para el primer coextruido la concentración es menor que la del fósforo.

SOLUBILIDAD DE PROTEINA.

DE P. DE SOYA Y SUBPRODUCTOS DE CARPA HERBIVORA SIN PROCESAR.

Ambos ingredientes fueron analizados en base seca, y se observó que la pasta de soya tiene una solubilidad en el álcali ligeramente más alta que la del subproducto de carpa herbívora (Tabla 12). Este fue analizado después de secar en la estufa por 24 horas.

Tabla 12.- Valores de solubilidad de proteína para ingredientes de coextruidos.

Ingrediente	% Solubilidad
Pasta de soya	73.66 ± 0.27
Subprod. de carpa herb.	69.30 ± 1.88

El factor de conversión de proteína fue 6.25.
Ingredientes analizados después de secados.

SOLUBILIDAD DE PROTEINA DE COEXTRUIDOS.

A) COMPORTAMIENTO DE SOLUBILIDAD DE PROTEINA EN LOS 3 TRATAMIENTOS.

En las figs. 15, 16 y 17 se muestra el comportamiento de la solubilidad y la temperatura de proceso para cada coextruido, donde cada punto representa el valor en solubilidad de la muestra colectada a un tiempo determinado para cada repetición del tratamiento (3 muestras por tratamiento), y la temperatura en que fueron tomadas.

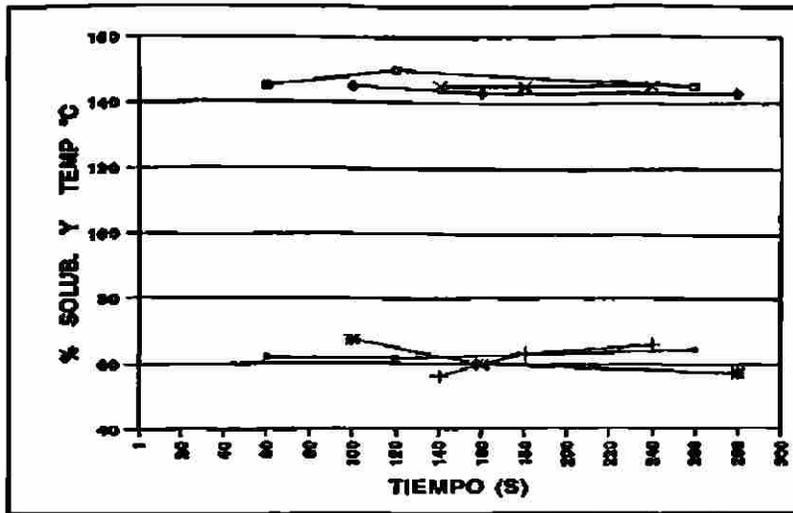


Fig. 15.-Comportamiento de la solubilidad de la proteína del coextruido 70 s:30 p a diferentes tiempos y temperaturas de colecta de las muestras.

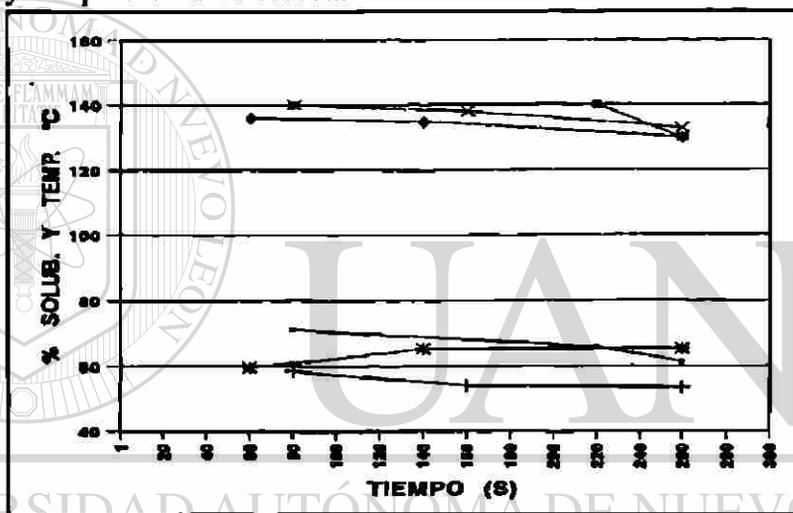


Fig.16 .-Comportamiento de la solubilidad de la proteína del coextruido 60 s:40 p a diferentes tiempos y temperaturas de colecta de las muestras.

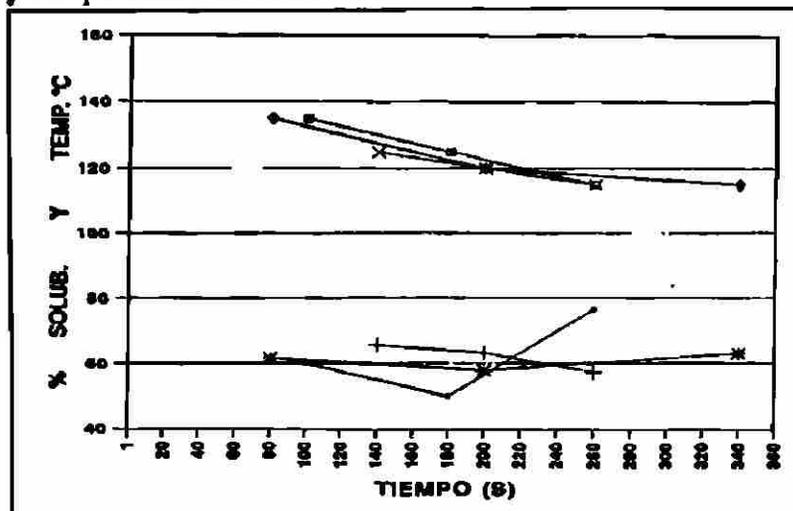


Fig. 17.-Comportamiento de la solubilidad de la proteína del coextruido 50 s:50 p a diferentes tiempos y temperaturas de colecta de las muestras.

B) EFECTO DE TEMPERATURA Y AMPERAJE EN SOLUBILIDAD DE PROTEINA.

Al aplicar un Anova de una vía y una comparación múltiple de Duncan a dichos parámetros, se observó que la solubilidad de la proteína (Tabla 13 y Figs. 18, 19 y 20) es similar para los 3 tratamientos ($p= 0.9805$), no así la temperatura de proceso ($p < 0.05$) y el amperaje de proceso ($p<0.05$), que fueron descendiendo en función de la inclusión de subproductos de pescado (incremento de humedad), como se mostró anteriormente. Esto muestra que la solubilidad de la proteína, al menos entre los 3 coextruidos, no se resultó afectada por las variaciones de temperatura de proceso ni por el nivel de inclusión del subproducto de pescado (o el nivel de humedad inicial en la mezcla), aunque realmente si es afectada por el proceso al compararla con la pasta de soya sin proceso, como se verá a continuación.

Tabla 13.- Valores de solubilidad de proteína obtenidos para coextruidos y sus respectivas temperaturas y amperajes de proceso.

% de inclusión del subprod. de pescado en coextruido	% Solubilidad de proteína	Temperatura °C	Amperaje Amp
70 s:30 p	61.97 ± 3.66 a	145.11 ± 1.95 c	72.78 ± 10.22 c
60 s:40 p	61.72 ± 5.69 a	135.78 ± 3.93 b	61.11 ± 8.59 b
50 s:50 p	61.69 ± 7.01 a	122.78 ± 7.64 a	45.56 ± 4.46 a
p anova (0.05)	0.9805	0.0000	0.0000
Test Homog. Var.	0.006	0.0000	0.013*

Muestras de coextruidos analizadas en base seca.

Test de Homog. de Var. De Levene (SPSS 5.0 WIN). Los demás son de Bartlett (SPSS DOS).

Letras diferentes denotan diferencias significativas en $p<0.05$.

Cada valor es la media de 27 datos.

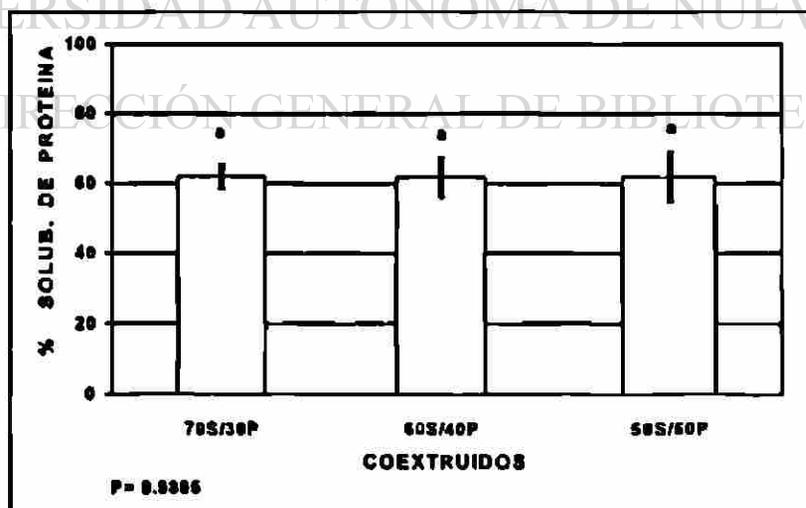


Fig. 18.- Solubilidad de proteína para coextruidos.

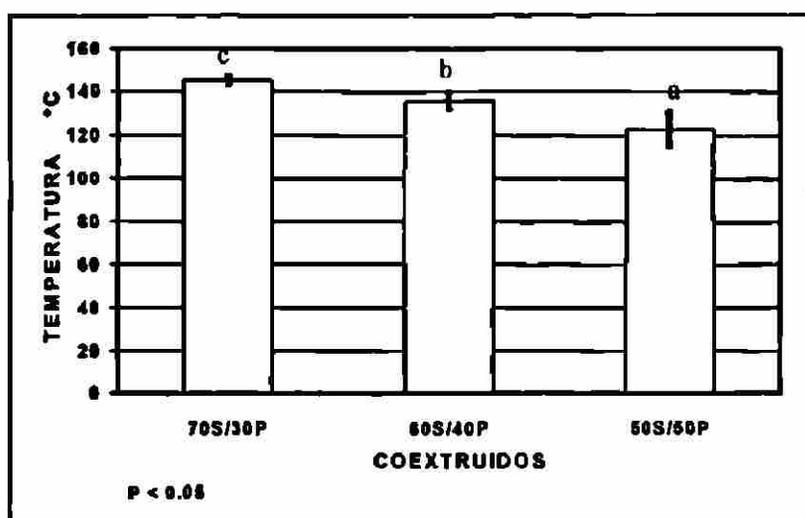


Fig. 19 .- Temperatura promedio de proceso durante la toma de muestras para solubilidad de proteína de coextruidos

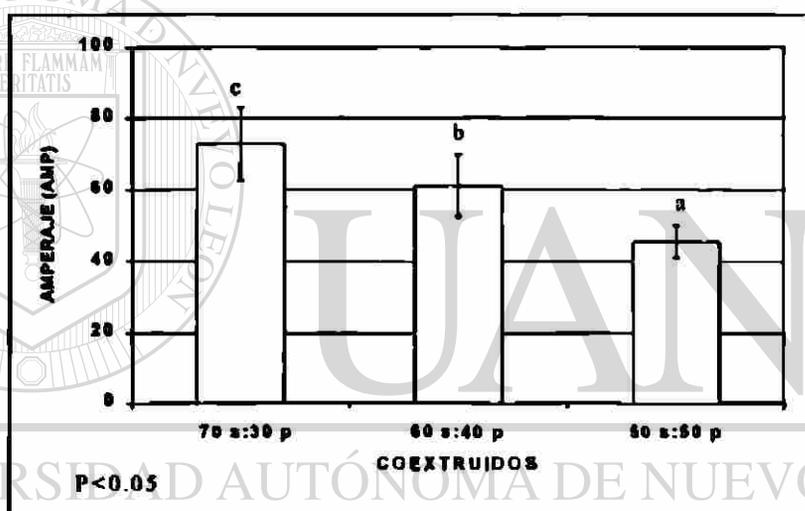


Fig. 20.- Amperaje promedio registrado durante la toma de muestras para solubilidad de proteína de coextruidos.

C) SOLUBILIDAD DE PROTEÍNA DE PASTA DE SOYA, P. DE SOYA EXTRUIDA Y COEXTRUIDOS.

Al hacer la comparación de la solubilidad de la proteína de los 3 coextruidos con la pasta de soya sin proceso y la pasta de soya extruída (Tabla 14), hubo diferencias significativas entre los 5 tratamientos ($p < 0.05$), aunque la solubilidad de proteína de soya extruída no difiere significativamente de la solubilidad de proteína de los 3 coextruidos. Este lote de pasta de soya extruída corresponde a uno elaborado especialmente para las dietas, y fue procesado a 165 °C, siendo esta temperatura un poco superior a la de obtención de los coextruidos. Este valor de solubilidad indica el daño ocasionado por el proceso de extrusión (temperatura), comparado con la pasta de soya sin proceso (pérdida de 13 puntos de % en la solubilidad de la proteína).

Tabla 14.- Valores de % de solubilidad de proteína para pasta de soya cruda , extruída y de coextruídos.

Ingrediente	% Solubilidad de proteína
P. de soya (harina)	73.66 ± 0.27 b
P. de soya extruída	58.92 ± 0.27 a
Coextruídos	61.80 ± 5.56 a
p Anova	0.0087

Letras diferentes denotan diferencias significativas en $p < 0.05$.

El valor de pasta de soya es la media de 3 repeticiones.

El valor de solubilidad de soya extruída es la media de 3 repeticiones.

El valor del coextruído es la media de 3 tratamientos = 81 casos, aunque para el análisis estadístico se consideraron todos los casos.

D) VALORES DE CORRELACION ENTRE SOLUBILIDAD DE PROTEINA Y PARAMETROS DE PROCESO.

Al realizar un análisis de correlación múltiple entre la solubilidad de la proteína y los parámetros de proceso registrados, no se encontró alguna asociación entre dichos valores (Tabla 15). Sólo se encontró asociación entre temperatura y amperaje ($r=0.8232$), temperatura y el % de inclusión del subproducto de pescado en el coextruído (-0.8742) y amperaje-tratamiento (-0.8107).

Tabla 15.- Coeficientes de correlación observados entre solubilidad de proteína, % de inclusión de subproducto de pescado en el coextruído y parámetros de proceso.

	% de inclusión del subprod. de pescado en coextruído	Temperatura °C	Amperaje (Amp)	Tiempo
% de solubilidad (p)	-0.0205 (0.856)	-0.0357 (0.752)	-0.1112 (0.323)	0.0195 (0.863)
% de inclusión del subprod. de pescado en coextruído (p)		-0.8742 (0.000)	-0.8107 0.000	0.1033 (0.359)
Temperatura °C p			0.8232 (0.000)	-0.4222 (0.000)
Amperaje (Amp) (p)				-0.4681 (0.000)

Se emplearon 81 casos para realizar el análisis.

(p) probabilidad

E) VALORES DE SOLUBILIDAD DE PROTEINA TEORICA Y ANALIZADA DE COEXTRUIDOS.

Se observó una gran diferencia entre la solubilidad de proteína analizada de coextruídos (después de extruir) con respecto a la solubilidad teórica que deberían presentar los mismos (antes de extruir) (Tabla 16) cuando sus componentes fueron analizados por separado (Tabla 11). Esta diferencia pudo ser ocasionada por pérdida de nitrógeno durante el proceso de extrusión, por

desnaturalización de la proteína. Por efecto de la extrusión se pierde aproximadamente un 11 % de solubilidad de proteína.

Tabla 16.- Valores de solubilidad teórica y analizada de coextruidos.

	Antes de extruir	Después de extruir
Coextruido	% solubilidad teórica	% solub. analizada
70 s:30 p	73.18	61.97
60 s:40 p	72.97	61.72
50 s:50 p	72.71	61.69

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA (CRA).

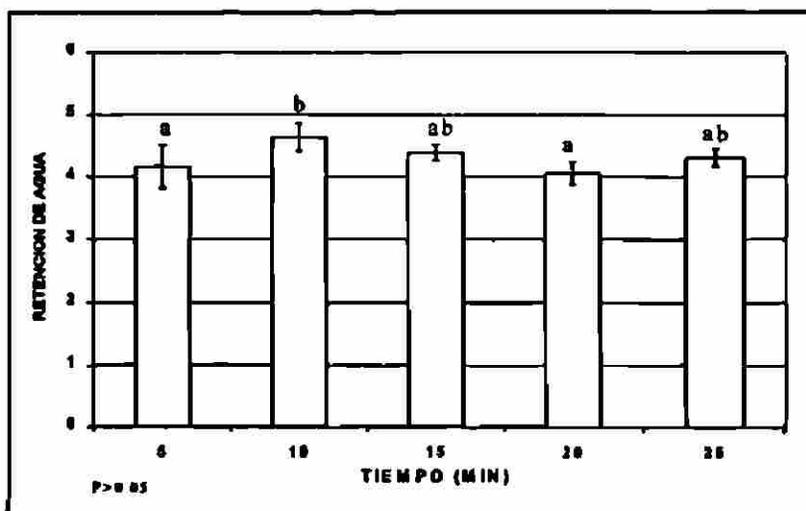
ENSAYO PRELIMINAR CON PASTA DE SOYA EXTRUIDA.

Al aplicar el análisis estadístico para conocer el mejor tiempo de retención de agua, no hubo diferencias significativas ($p= 0.0605$), lo que indicó que se podía ocupar cualquier tiempo para el ensayo, que fue efectuado con un volumen de agua destilado de 150 ml, pesando aproximadamente 5 g de la muestra (Tabla 16, fig. 21).

Tabla 17.- Capacidad de retención de agua (CRA) para pasta de soya extruida, evaluada a diferentes tiempos.

Tiempo (min)	5	10	15	20	25	P Anova (0.05)	P Bartlett
CRA	4.16	4.63	4.39	4.05	4.31	0.0605	0.682
ds	0.34 a	0.22 b	0.13 ab	0.18 a	0.14 ab		

Cada valor representa la media de 3 tratamientos.
 Letras diferentes denotan diferencias significativas.
 ds= desviación std



Letras diferentes denotan diferencias significativas en $p<0.05$.

Fig. 21.- Capacidad de retención de agua de soya texturizada a diferentes tiempos de hidratación.

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA PARA COEXTRUIDOS.

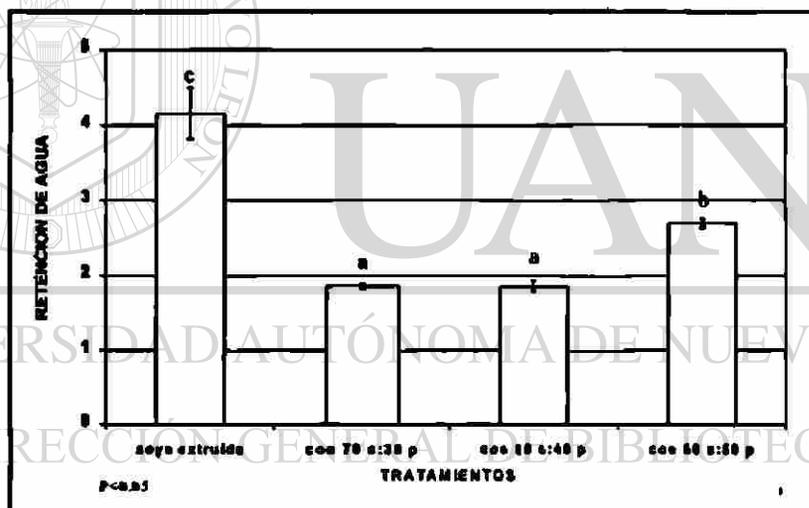
Se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre la soya texturizada y los coextruidos. La capacidad de retención de agua de la soya texturizada disminuye con la adición de subproductos de pescado al 30 y 40 %, pero al 50 % de inclusión, la capacidad de retención de agua vuelve a subir (Tabla 18 y Fig. 22).

Tabla 18.- Capacidad de retención de agua (CRA) para coextruidos y soya extruída.

Tratamiento	CRA
Soya extruída	4.16 ± 0.34 c
Coe 70 s:30 p	1.86 ± 0.03 a
Coe 60 s:40 p	1.86 ± 0.07 a
Coe 50 s:50 p	2.70 ± 0.06 b
p Anova (0.05)	0.0000
*Test Homog. Var.	0.16

Los valores representan la media de 3 repeticiones, a 5 minutos de hidratación. N= 12 casos.

Letras diferentes denotan diferencias significativas ($p < 0.05$).



Letras diferentes denotan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Fig. 22.- Capacidad de retención de agua de coextruidos y soya extruída.

ANALISIS DE COSTOS.

COSTO ESTIMADO DE ENERGIA ELECTRICA.

En el presente trabajo, las horas de proceso requeridas para procesar una tonelada de mezcla húmeda, fueron calculadas a partir del promedio del tiempo en minutos invertido en cada lote procesado (3 replicados por coextruído), y después extrapolado a una tonelada. La velocidad de alimentación fue exactamente la misma para los 3 coextruídos.

Tabla 19.- Horas de proceso netas requeridas para procesar los coextruidos, de acuerdo a su humedad inicial.

	Mezclas		
	70 s: 30 p	60 s:40 p	50 s:50 p
% Humedad Inicial	26.95	32.42	36.38
Hrs. de proceso en extrusor/Ton. Húm.	4.3	4.46	5.39
Hrs.mezclado/Ton.	0.5	0.5	0.5

Como se observa en la tabla 19, el tiempo de proceso se incrementa en forma directa a la inclusión de subproductos de pescado. Esto es debido a que, al procesar una mezcla con mayor nivel de humedad por adición del subproducto (50 s:50 p), no bajó fácilmente por gravedad desde la tolva receptora de ingredientes hasta el barril extrusor (como sucedió con el coextruido 70 s:30 p). Aunque aparentemente debería causar menor resistencia al proceso (50s:50p), esto sucede sólo en el barril extrusor, no en la tolva mezcladora de ingredientes. El contenido de humedad de la mezcla (36.38 %) requirió que se empujara con ayuda de un bastón, lo que necesitó más tiempo de proceso. Sucede algo parecido, pero en mucho menor grado, en el coe 60 s:40 p. Su tiempo de proceso fue apenas 0.16 H superior al coe 70 s:30 p.

En la tabla 20 se indican los parámetros para el cálculo del costo en energía. En esta tabla, el costo de energía eléctrica aumenta proporcionalmente al tiempo de proceso. Si se tomara en cuenta el amperaje promedio registrado durante las pruebas para calcular el gasto en energía, es probable que el ahorro en amperaje obtenido con las mezclas 60 s:40 p y 50 s: 50 p, compensaría lo que se gasta al tener un tiempo de proceso más largo.

Tabla 20.-Costo estimado de energía eléctrica para coextruidos

Coextruido	Motor	Pot. en HP	KW	H Proceso/ Ton	\$/KWH	Total \$/Ton
70 s:30p	*Arranque	50	37.3	4.3	*0.186	29.83
	Alimentador	1	0.746	4.3	0.155	0.50
	Mezcladora	3	2.238	0.5	0.155	0.17
	Costo \$/Ton					30.50
60s:40p	*Arranque	50	37.3	4.46	*0.186	30.94
	Alimentador	1	0.746	4.46	0.155	0.52
	Mezcladora	3	2.238	0.5	0.155	0.17
	Costo \$/Ton					31.63
50s:50p	*Arranque	50	37.3	5.39	*0.186	37.39
	Alimentador	1	0.746	5.39	0.155	0.62
	Mezcladora	3	2.238	0.5	0.155	0.17
	Costo \$/Ton					38.19

1 HP= 0.746 KW. El costo/KWH= \$0.155 (para el mes de marzo).

* Es el costo/KWH + 20 % por arranque del motor. s= pasta de soya y p= subprod. de carpa herbívora

COSTO ESTIMADO POR PROCESO.

En la tabla 21, se muestra que el costo estimado por proceso es afectado por el costo de la energía eléctrica y que las demás variables se mantienen constantes, siendo relativamente más caro procesar el coextruido 50 s:50 p. Se aplicó a la soya extruída el costo de proceso del coextruido 70 s:30 p, por requerir teóricamente la misma humedad y tiempo de proceso.

En cuanto al costo de la mano de obra, se considera sobreestimada, porque el tiempo neto de producción por tonelada húmeda requiere menos de 8 horas (jornada laboral). Se consideró así porque el proceso requiere otros tiempos para actividades implícitas en el proceso, como descarga de ingredientes en mezcladora, descarga de mezcladora a extrusor, recolección del producto extruído para llevar a secado, etc., considerando que no es un proceso automatizado.

Tabla 21.- Costo estimado del proceso/ton de coextruidos

Rubro	70 s:30 p	60 s:40 p	50 s:50 p
Mano de obra	37.40	37.40	37.40
Energía eléctrica	30.50	31.63	38.19
Fletes de Mat. prima	100.00	100.00	100.00
Manten./Refac.	20.00	20.00	20.00
Otros gastos	20.00	20.00	20.00
Costo \$/Ton. Húm.	207.90	209.03	215.59

Para la mano de obra se consideró el costo de un salario mínimo/día, en \$18.70 x 2 trabajadores= \$37.40

COSTO TOTAL (\$) POR TONELADA DE COEXTRUIDOS

Como se muestra en la tabla 22 y fig. 23, el costo final considera el precio del producto a un 10 % de humedad final (90 % de materia seca). Este costo disminuye a medida que se incrementa en el coextruido la inclusión de subproductos de pescado, debido a que éstos son casi un 80 % más baratos que la pasta de soya, suponiendo que tuvieran un costo comercial. Al comparar el costo de los coextruidos con el de la pasta de soya extruída, ésta resulta demasiado cara, y teóricamente su perfil nutricional es inferior al de los coextruidos (Anexo 3).

Al costo total/ton. de coextruidos debe agregarse el costo por secado, que variará para cada coextruido (por el % de humedad final), y que no es estimado en este trabajo, además del costo por almacenamiento de los subproductos de pescado en un frigorífico.

Tabla 22.- Costo total de materias primas y coextruidos.

Rubro	Pasta de soya	Subprod. de carpa Herb.	Soya Extruida	coe 70s:30p	coe 60s:40p	coe 50s:50p
Ingredientes	2360.00	500.00	2360.00	1802.00	1616.00	1430.00
^a Proceso	-----	-----	207.90	207.90	209.03	215.59
Subtotal \$			2567.90	2009.90	1827.03	1645.59
(% aportado de M.S.)	(92.00)	(25.73)	(73.05)	(73.05)	(67.58)	(63.62)
^c Total Ajustado a 10 % Hum. Final	2360.00		3163.74	2476.26	2430.49	2327.93

^aLos costos de proceso se muestran en la Tabla

^bAporte de materia seca (M.S.) reales.

^cNo se incluye costo de secado, que variará para cada coextruido

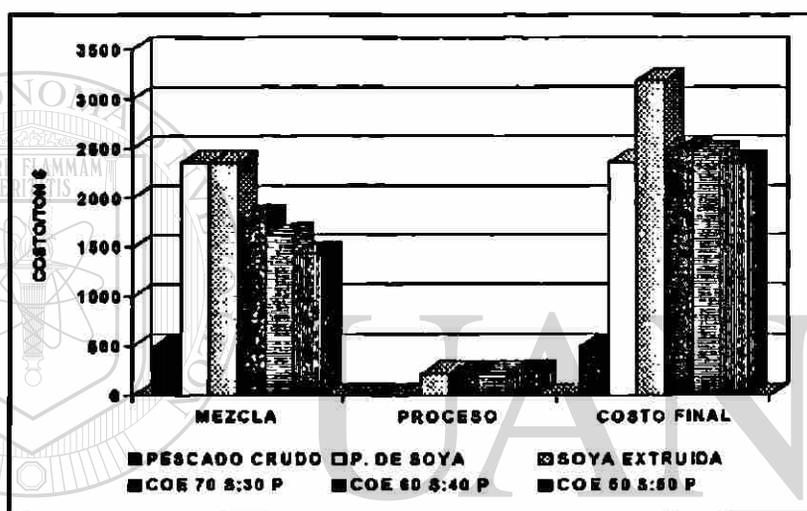


Fig. 23.- Costo total final de proceso/ton \$ de coextruidos.

El costo por punto de proteína (Kg/ton. de ingrediente o g de proteína/Kg de ingrediente) se comporta de la misma manera que en el costo/ton. de coextruidos (Tabla 23 y Fig. 24). El valor más alto se presenta para la soya extruida, por lo que es más cara, y el más barato para el coextruido 50 s:50 p. Aunque, al considerar los ingredientes por separado, resulta más barato el punto de proteína de los subproductos de pescado, que no han sido procesados, y que se emplean frescos.

Tabla 23.- Aporte de proteína animal y vegetal y costo por punto de proteína(o/oo) de ingredientes y coextruidos

Ingredientes	*% Proteína total	% Proteína Vegetal	% Proteína Animal	% lípidos Totales	Costo/ Punto. Prof. \$	**Costo/ Ton \$
Pasta de soya (s)	47.29	100		0.29	4.99	2360.00
Subprod. de Carpa Herb.(p)	17.42		100	3.92	2.87	500.00
Soya Extruida	46.95	100		0.75	5.47	2567.90
Coe 70 s:30 p	48.21			1.96	4.17	2009.90
Coe 60 s:40 p	48.67			2.87	3.75	1827.03
Coe 50 s:50 p	49.02			4.41	3.36	1645.59

* Valor analizado.

**Costo del ingrediente procesado, sin ajustar su humedad (ver tabla 22).

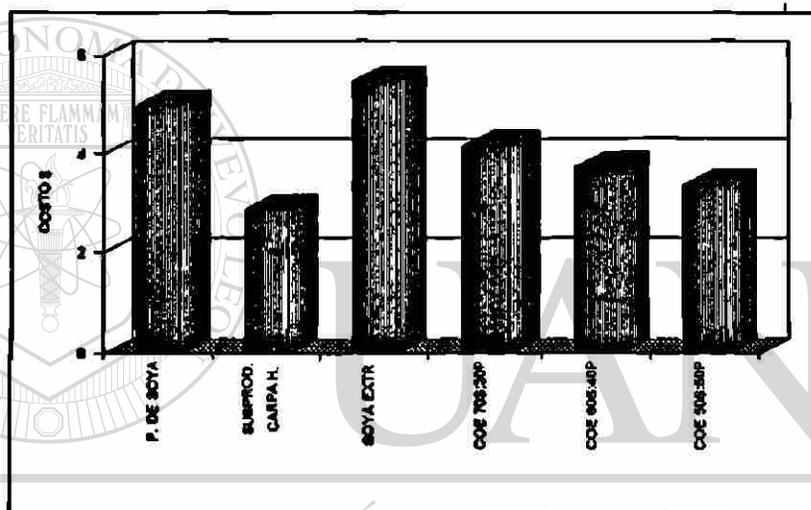


Fig. 24.- Costo por punto de proteína de coextruidos.

Al efectuar un análisis de costos teórico, se realizó el mismo cálculo que en las tablas 20, 21 y 22 para estimar el costo de los coextruidos, ajustados a 10 % de humedad final, pero considerando el % teórico de humedad de la mezcla inicial a partir de los datos de los ingredientes. En este caso, se obtiene un costo/ton. más alto (tabla 24 y fig. 25), resultando en nuestro caso, benéfico la pérdida de humedad durante la operación de mezclado y el almacenamiento congelado, porque baja los costos de producción.

Tabla 24.- Costo/ Ton. reales y esperados (teórico) de coextruidos.

Coextruido	Costo/Ton \$ Real ^a	Costo/Ton \$ Teórico ^b
70 s:30 p % m.s	2476.26 (73.05)	2508.19 (72.12)
60 s:40 p % m.s.	2430.49 (67.58)	2509.21 (65.46)
50 s:50 p % m.s.	2327.93 (63.62)	2517.90 (58.82)

Costo/ton. considerado para un 90 % de materia seca (M.S.).

^a El % M.S. corresponde a la materia seca aportada inicialmente por la mezcla Ver Tabla 6).

^b El % de M.S. es la suma de la materia seca aportada por cada ingrediente (Ver Tabla 6).

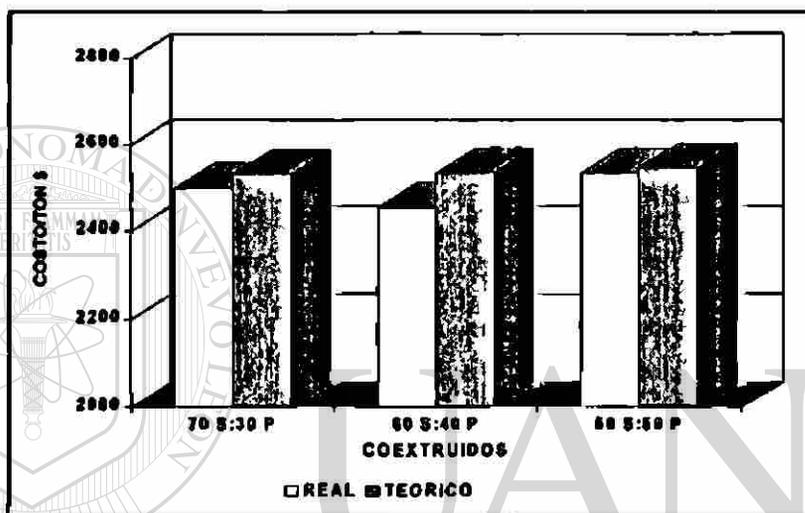


Fig. 25.- Costo/ton. de coextruidos, con valores reales y teóricos.

DISCUSIONES.

DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR.

EXTRUSION DE PASTA DE SOYA TEXTURIZADA.

Como se mencionó en resultados, fue necesario realizar un total de 13 pruebas, considerando como principales variables el tamaño y orden de los anillos de presión, además de la velocidad de alimentación de la mezcla, el número de vueltas del cono de nariz y su diámetro interno.

Doud (1994, com. per.) propuso para este proceso usar anillos de presión (steamlocks) 600-08/600-05/600-05/600-05 y cono de 5/16 " (8 mm). La humedad total de las mezclas fue del 35 % en las primeras 12 pruebas. Los anteriores anillos de presión se usaron en las primeras 5 pruebas, sin buen resultado, obteniendo la pasta de soya quemada y mal texturizada, a pesar de variar el número de vueltas del cono hasta 5. Esta configuración requería que las mezclas no excedieran del 24 % de humedad, y la formulación no tuviera incluidos más de 30 % de subproductos húmedos, e iniciar con una temperatura mínima de 138 °C (Doud, 1994, com. per.). La razón de estos resultados pudo ser por el poco espacio libre entre la periferia externa de los anillos de presión (steamlocks) y la pared interna del barril del extrusor, lo que reduce el área de tránsito de la mezcla, y produce mayor fricción, por lo tanto, altas temperaturas. Aunque es probable que se hubieran obtenido buenos productos si se hubiese empleado una velocidad de alimentación arriba de 60 rpm, además de inyección de agua (sólo al inicio) y mayor número de vueltas hacia afuera del cono de nariz, ya que una baja dosificación da una mayor retención dentro del barril extrusor, lo que provoca que el producto se queme, particularmente en la zona final de cocción del tornillo del extrusor (Hauck and Huber, 1989; Quintero, 1993; Kearns, 1993), alcanzando temperaturas de hasta 150 °C.

El cambio de anillos de presión a otros de menor restricción (600-10/600-08/600-08/600-08) dió los mejores resultados en las pruebas 6,7,10 y 13 y fue propuesta para extrusión de alimentos peletizados (Doud, 1994, com. per.). Sólo fue necesario ajustar la dosificación del producto hasta 70 rpm y el número de vueltas del cono 5/16 " hasta 6, ya que éste al representar el dado de salida, es el último dispositivo por el que pasa el producto en el barril extrusor, y es el responsable de darle la densidad, textura y apariencia finales, controlando la capacidad del extrusor (Kearns, 1993; Miller, 1994). Cuando se usó un cono de nariz de ½ " (13 mm) con estos anillos de presión (steamlocks), y se aumentó gradualmente el número de vueltas hacia afuera en diferentes pruebas, nunca se estabilizó el proceso ni se obtuvieron buenos productos, por lo que se eliminó esta variable.

Se obtuvo pasta de soya texturizada como modelo para aplicar en la elaboración de coextruídos. Se hizo el precalentamiento con frijol de soya hasta 120-130 °C para obtener cocción inmediata y minimizar la pérdida del producto (Harper, 1981; Carver, 1989; Botting,

1991), y se agregó la pasta de soya humedecida con 35 % de humedad total (Harper, 1981). De inmediato texturizó el producto, alcanzando el barril temperaturas de cocción de 155 °C (Harper, 1981).

La pasta de soya empleada tuvo alrededor de 47.29 % de proteína, 0.29 % de lípidos y un 3.16 % de fibra, tal como lo sugiere Harper (1981) para procesarla. Durante el procesamiento de materiales ricos en proteínas, como la pasta de soya, se observa que estas macromoléculas experimentan cambios estructurales debido al incremento de la temperatura, presión y esfuerzos cortantes (Quintero, 1993; Kearns, 1994). Como la temperatura de la proteína y el agua se incrementa, el resultado es un extensivo desdoblamiento de la proteína con pérdida de su forma globular, tridimensional (forma nativa). Durante este paso, los enlaces iónico, hidrógeno y disulfuro son desdoblados (Harper, 1981; Stanley, 1989; Quintero, 1993). Después que esto ocurre, las cadenas de proteína relativamente lineares son libremente reorientadas y recombinadas por efecto del barril, tornillo y dado del extrusor. Esta alineación de las moléculas de proteínas ocurre en un campo cortante, caracterizado por un gradiente de velocidad. Los sitios reactivos de las moléculas adyacentes llegan a estar suficientemente cerca, que se forman enlaces intermoleculares, manteniendo estable la fibra desnaturalizada (Harper, 1981; Quintero, 1993; Kearns, 1994; Fellows, 1994). Una vez que la fibra es formada en el tornillo, se hace pasar por el dado donde se logra una reorientación final. Al salir por el dado, el vapor sobrecalentado se libera, lográndose una expansión (Harper, 1981; Quintero, 1993), dando una dispersión homogénea, irreversible y unida de todos los microingredientes a través de una matriz proteínica (Kearns, 1994).

Harper (1981) menciona que las temperaturas requeridas para procesar ingredientes proteínicos va desde 150-200 °C, y que la presión de descarga del extrusor varía desde 17 a 60 atm. Doud (1994, com. per.) menciona que la temperatura mínima de operación debe ser de 140 °C. Ambos criterios fueron observados en las pruebas que realizamos, sobre todo en la prueba final (155 °C).

En cuanto al tamaño de partícula para texturizar pasta de soya, se obtuvieron buenos resultados cuando se usó pasta de soya que pasaba por una malla 10 (2000 μ) por lo menos un 70 % y el resto pasaba por una malla 18 (1000 μ). Kearns (1994) recomienda para extrusores de un solo tornillo usar pasta de soya, cuyo 95 % de su molienda pase por una malla 100 (150 μ) y un máximo del 50 % pase por una malla 325 (45 μ). Pero posterior a estas pruebas, cuando se usaba pasta de soya que pasaba por una malla 18 (1000 μ) o más chica, nunca se pudo estandarizar el proceso, debido al fino tamaño de la harina.

Kearns (1994) sugiere que para extrusores de doble tornillo se puede emplear materia prima con un tamaño de partícula de hasta malla 8 (2360 μ). Este tamaño se aproxima mucho más al que usamos en el extrusor de un solo tornillo. Harper (1981) comenta que las harinas finas humedecidas tienden a ser más duras para alimentar, y tienen una menor tendencia al corte en el extrusor. Brian (citado por Harper, 1981) sugiere que el uso de harina resultará en más alta

productividad del sistema extrusor, porque la harina requiere más baja energía de entrada para texturización.

ELABORACION DE COEXTRUIDOS.

En la elaboración de coextruidos se aplicaron exactamente las condiciones tecnológicas en el extrusor que para texturizar pasta de soya, sin presentarse algún problema técnico para su fabricación, excepto para el coextruido 50 s:50 p, que por la humedad de la mezcla (36 %) resultó difícil que bajara por gravedad hasta el barril extrusor, y no alcanzó suficiente temperatura para texturizar (115 °C).

Se efectuó un precalentamiento del barril extrusor con frijol de soya entero, para iniciar con 120 °C-130 °C como lo sugiere Carver et al (1989), Botting (1991), Doud (1994, com. per.) antes de cada mezcla a coextruir.

EFFECTO DE LA INCLUSION DE SUBPRODUCTOS DE PESCADO EN LA TEMPERATURA Y AMPERAJE DEL PROCESO Y EN LA TEXTURA DEL PRODUCTO.

Para el coextruido 70 s:30 p, con 27 % de humedad inicial, se obtuvo una temperatura media de proceso de 146 °C, como lo menciona Doud (1994, com. per.). Carver et al (1989) obtuvo temperaturas de proceso superiores a ésta, desde 146-180 °C, pero el contenido de humedad inicial de la mezcla fue del 23 %, coextruyendo mezclas de vísceras de calamar con pasta de soya, y cabezas de camarón con pasta de soya en una proporción 25:75, por lo que se comprueba que a menor humedad, mayor temperatura de proceso. El producto obtenido de la mezcla coextruida tiene una textura muy similar a la pasta de soya texturizada, esto porque el aporte en materia seca del pescado es de apenas un 11 %, considerando la mezcla como un 100 %. Robinson (1985) reporta temperaturas de cocción de 149 °C, que es muy similar a la obtenida en el presente trabajo, usando un coextruido con la misma inclusión de desechos de bagre.

Para el coextruido 60 s:40 p (32.42 % de humedad inicial) se obtuvo una temperatura media de proceso de 137 °C, como sugiere Doud (1994, com. per.), pero cuando se coextruyó 50 s:50 p (36.38 % de humedad inicial), la temperatura media de proceso fue de 126 °C, aunque es a los 115 °C cuando se estabiliza el proceso. Este descenso en la temperatura de proceso viene dado por el aumento en la inclusión de subproductos húmedos de pescado. Esta mayor humedad tiene el efecto de enfriar el barril extrusor a temperaturas por abajo de 120 °C, lo que limita el cocimiento efectivo (Botting, 1991). Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Dominy y Lim (1991), quienes coextruyeron mezclas 50:50 y 40:60 de pasta de soya y vísceras de calamar respectivamente, obteniendo una temperatura media de proceso de 100 °C.

En cuanto al amperaje, éste bajó en la misma relación que la temperatura del proceso, debido a que al haber mayor humedad en la mezcla, hay menor fricción, y por lo tanto, un menor esfuerzo cortante o mecánico en el proceso, que puede traducirse en un ahorro de energía

eléctrica. Esto se explica mejor con los altos valores de correlación encontrados en estos parámetros.

En cuanto a la textura del producto, la mezcla procesada menos húmeda (70 s:30 p) es la que se parece más a la pasta de soya texturizada. Esto está en función de la temperatura de proceso, de 146 °C (Harper, 1981), que se aproxima a la requerida para texturización de pasta de soya, y para que se presente el proceso de desdoblamiento de proteína (Harper, *op. cit*; Stanley, 1989; Quintero, 1993) como se mencionó anteriormente.

La textura de los coextruidos 60 s:40 p y 50 s:50 p difieren gradualmente del primer coextruido. En la medida en que se incrementa la inclusión de subproductos de pescado, y por lo tanto, la humedad de las mezclas, el producto final adquiere textura granulosa, disminuyendo gradualmente el tamaño de partícula, obteniéndose una textura harinosa en el coe 50 s:50 p. Dicha textura puede deberse principalmente a la temperatura de proceso y a la alta humedad de la mezcla, de tal forma que a bajas temperaturas (menos de 120 °C) no se presentan los cambios físicos y químicos que caracterizan a la pasta de soya texturizada.

Otra causa de estos resultados puede ser la presencia de sales en los coextruidos, por efecto de la inclusión de subproductos de pescado (esqueleto). La presencia de sales afecta la viscosidad y solubilidad, con efectos correspondientes sobre cocción (viscosidad en el extrusor) y expansión (dureza de la proteína) (Miller, 1994).

Choudhury (1995) menciona que el contenido de humedad, las proporciones en que son mezclados pescado e ingredientes secos y la tasa de alimentación tienen influencia sobre la energía mecánica específica, influenciando la presión del dado de salida, de tal forma que a mayor humedad decrece la presión de salida. Además, las características del coextruido son afectadas mayormente por el contenido de humedad y por la tasa de alimentación, por lo que los atributos del coextruido con texturas específicas y características nutricionales se pueden controlar, modificando las tasas de inclusión de pescado (Murray and Stanley, 1980, citados por Choudhury, *op. cit.*).

PERDIDA DE HUMEDAD POR PROCESO.

La pérdida de humedad por el proceso fue mayor en el coe 70 s:30 p (28 %) debido a su temperatura de proceso (146 °C). Pero no difiere significativamente del coe 60 s:40 p, que perdió un 24 % de humedad, pero con una temperatura media de proceso de 137 °C. El coe 50 s:50 p, que tiene la mayor humedad inicial (36.38 %) por su alta inclusión de subproductos de pescado, perdió menos humedad (12 %) que los otros dos coextruidos, debido a que tuvo una temperatura media de proceso más baja (126 °C), aunque casi al final la temperatura se estabilizó en 115 °C, lo que justifica aún más la poca pérdida de agua.

Carver et al (1989) reportan una pérdida de agua en sus coextruidos 25:75 (vísceras de calamar y pasta de soya respectivamente, y cabezas de camarón con pasta de soya respectivamente, crudos y ensilados) del 50 %, muy superior al obtenido por nosotros, pero la

humedad inicial de sus mezclas fue del 22 % y las temperaturas de proceso variaron desde 146 a 180 °C. Kiang (1993, 1994) y Fellows (1994) mencionan que en cuanto al producto sale del extrusor, una rápida disminución de la presión hace que se expanda y que se evapore del 40 al 50 % de la humedad que había en la materia original. Esto demuestra que la pérdida de agua está en función de la humedad inicial de la mezcla, de la presión generada y la temperatura a la que es procesada.

(Miller, 1994) menciona que arriba de un 8 % de humedad puede ser removida del producto por flashing cuando emerge del extrusor, y aún más si se aplica vacío.

Esta pérdida de humedad es también definida como una deshidratación (Miller, *op. cit.*), en la que los productos que salen a alta presión en el extrusor están con frecuencia a temperaturas por arriba del punto de ebullición normal, y puede perder una cantidad substancial de humedad en forma de vapor. Aunque este no es el principal propósito del proceso de extrusión, es particularmente útil en subproductos, ya que reduce la necesidad de secar por medios menos eficientes (Kiang, 1993, 1994).

En cuanto a la humedad inicial esperada de las mezclas sin coextruir, se observó que era un poco mayor a la obtenida realmente, lo que pudo ser debido al efecto de deshidratación de los subproductos de pescado por una inadecuada congelación (Licciardello, 1990), considerando que la congelación fue lenta y estuvieron almacenados a -15 °C por lo menos 3 meses antes de su uso. También la manipulación del producto al aire libre durante las operaciones de mezclado, pueden ocasionar un secado parcial de la mezcla.

ANALISIS QUIMICOS.

COMPOSICION BROMATOLOGICA DE INGREDIENTES Y COEXTRUIDOS.

Como se mostró en la tabla 9, la pasta de soya es el ingrediente seco empleado para coextruir, debido a su disponibilidad, bajo costo, alta calidad y su conocida utilidad como fuente proteica (Harper, 1981). En cuanto a su composición bromatológica, fue mas baja en fibra y grasa, comparado a los valores reportados en NRC (1983) para pasta de soya extraída por solventes, debido tal vez al proceso de descascarado y extracción de grasa en la planta de proceso. En cuanto a la proteína, fue más alta que la reportada en NRC (1983), también debido a lo mencionado anteriormente y quizás al factor de proteína empleado (6.25). Se usó este criterio para no tener problemas de estimación de proteína al momento de formular las dietas experimentales.

En cuanto a los subproductos de carpa herbívora, no se encuentran reportados valores específicos para la especie, sólo en rangos de proteína y grasas, siendo los primeros muy superiores en proteína, pero bajos en grasa con respecto a los citados en la bibliografía (Tacon, 1989). Por su alto contenido en humedad, el aporte proteico y de lípidos es bajo, pero al considerarlos en base seca, su aporte es del 68 y 15 % respectivamente, esto es importante ya que pierden humedad por efecto del proceso de extrusión, haciéndolos nutricionalmente importantes.

Para la soya extruída se observó un incremento en lípidos con respecto a la pasta de soya sin proceso, debido a la absorción del aceite del frijol de soya, que es liberado cuando el grano es pasado por el tornillo del extrusor para lubricarlo y calentarlo, previo a la extrusión de la pasta de soya. No hubo una pérdida de proteína por el proceso, ya que ambos valores (extruída y sin proceso) son muy similares.

En cuanto a la composición proximal de coextruídos, aunque la proteína presenta un mínimo aumento por el incremento gradual de subproductos de pescado, no varió significativamente,

Al comparar el nivel de proteína del coextruído 70 s:30 p (51.42 %) resulta un poco más alto que el reportado por Robinson et al (1985), quien usó una misma inclusión de pescado, pero usando desechos de bagre. La proteína resultó más baja (47.1 %) porque empleó para coextruir harina de soya desgrasada (42 %) y harina de soya integral, sin cáscara (28 %).

El contenido de proteína de este coextruído resultó más bajo que el reportado por Carver et al (1989), quien reporta para el coe 25:75 (visceras de calamar o cabezas de camarón con pasta de soya resp.) 53.3 y 55.4 % de proteína respectivamente, aunque esto es debido a la alta inclusión de pasta de soya y su alto valor proteínico (55.1 %) usado.

La proteína del coextruído 50 s:50 p (51.75 %) resultó muy parecida a la reportada por Dominy y Lim (1991), quienes coextruyeron 50 % de soya y 50 % de calamar (51.83 %) y un poco más baja a la reportada por Carver et al (1989), que efectuó dobles coextruídos de calamar o cabezas de camarón con pasta de soya, obteniendo proporciones 46:54 respectivamente, con 56.2 y 53.7 % de proteína respectivamente. Es más notable la diferencia con el coextruído con calamar, por su alto contenido proteico (75.3 %) en base seca, con respecto a la carpa herbívora (68 %) también en base seca.

Al comparar la proteína teórica esperada con la obtenida realmente, resultó más alta en un 2 % aproximadamente y con tendencia a aumentar proporcionalmente con la inclusión de subproductos de pescado, lo que es indicador de la posible pérdida del nutriente por el proceso. Carver et al (1989) y Dominy y Lim (1991) también reportan pérdida de proteína en sus coextruídos elaborados con respecto a los elaborados, aunque no lo mencionan como efecto del proceso.

El % de lípidos si difiere significativamente en los coextruídos, por lo que a mayor inclusión de subproductos de carpa herbívora, mayor nivel de lípidos, pero resultan más altos que los reportados por Carver et al (1989) y Dominy y Lim (1991) en sus coextruídos, porque sus ingredientes son más magros que el pescado. En cuanto al proceso, un aumento en la razón grasa/humedad trae consigo una disminución en la temperatura del proceso y viceversa, como se pudo observar en el coextruído más húmedo y graso (50 s:50 p).

En cuanto a los lípidos teóricos esperados, estos fueron menores que los analizados en el laboratorio, muy probablemente debido a la absorción del aceite del frijol de soya cuando es empleado para lubricar y calentar el tornillo del extrusor. En el trabajo de Carver et al (1989)

sucede lo contrario, obteniéndose valores analizados menores a los calculados teóricamente, debido tal vez a una pérdida durante el proceso por efecto de la temperatura (146-180 °C contra 126-146 °C en nuestro estudio). En el trabajo de Dominy y Lim (1991) no hubo pérdidas en este nutriente, y sus coextruidos fueron procesados a 100 °C.

El % de ceniza no difirió significativamente en los 3 coextruidos, aunque debió esperarse un aumento por el incremento gradual en la inclusión de subproductos de pescado. Carver et al (*op. cit.*) y Dominy y Lim (*op. cit.*) tampoco reportan diferencias en el contenido de cenizas de los diferentes coextruidos elaborados con calamar/soya y camarón/soya. Al comparar la ceniza analizada con respecto a la esperada, está resultó inferior a la analizada en el laboratorio. Esto concuerda con los resultados de Carver et al (1989) y Dominy y Lim (1991) en sus coextruidos calamar-soya, aunque en el mismo trabajo de Carver, con coextruidos soya-camarón, presenta valores teóricos superiores a los analizados, no habiendo una relación con la humedad o temperatura del proceso.

Los valores de fibra teórica fueron mayores a los analizados en el laboratorio, los cuales no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$), y tienen tendencia aumentar proporcionalmente a la inclusión de subproductos de pescado. En los valores de fibra teóricos sucede lo contrario, porque no se determinó la fibra cruda de los subproductos de pescado, por lo que en el análisis teórico no se consideró este valor, pudiendo obtener también la misma tendencia que en los analizados. En el trabajo de Dominy y Lim (1991) obtuvieron fibra cruda mayor a la esperada, y que concuerda más con el incremento en peso seco de la fibra por el proceso de extrusión (Kiang, 1993, Woodroffe, 1993), lo cual no se presentó en este estudio.

DETERMINACION DE CALCIO Y FOSFORO DE INGREDIENTES Y COEXTRUIDOS.

Los valores de calcio y fósforo de pasta de soya fueron casi idénticos a los reportados en NRC (1983), La relación de calcio-fósforo presentada es de 1:2.

Para subproductos de carpa herbívora no se presentan valores reportados específicamente para esta especie. Sólo Allen (1984, citado por Tacon 1989) muestra esta composición como promedio de varias especies de agua dulce en una relación calcio-fósforo 2:1 (5.40 % y 2.90 % resp.), siendo este valor de calcio bastante alto con respecto al analizado en carpa herbívora (2.67 % en base seca) siendo su relación calcio-fósforo 1:1. La razón de esta diferencia, independientemente de la especie de que se trate, radica en el tipo de subproducto empleado. En nuestro caso, el subproducto contenía una buena porción de músculo y esqueleto. NRC (1983) dentro de los peces de agua dulce solo reporta para bagre de canal calcio en 7.77 % y de cobre 28 % (ambos en base seca).

Para coextruidos, el nivel de calcio y fósforo se incrementa con la inclusión de subproductos de carpa herbívora, manteniendo una relación calcio-fósforo (aprox.) de 1:1 en los coextruidos 60 s:40p y 50 s:50 p. Carver et al (1989) también obtuvo la misma relación Ca-P en sus coextruidos soya-camarón.

SOLUBILIDAD DE PROTEINA.

DE PASTA DE SOYA Y SUBPRODUCTOS DE CARPA HERBIVORA SIN PROCESO.

La solubilidad de la proteína de pasta de soya sin proceso (73.66 %) se encuentra en el límite de aceptación (73-85 %) de procesamiento óptimo de esta materia prima (Dale, 1992; Akiyama, 1992, citado por Treviño y Celis, 1994). Estos valores están basados en el rendimiento en pollitos en cuanto a la mayor ganancia en peso, y mejores TCA y eficiencia alimenticia (Dale, *op. cit.*; Parsons, 1992), aunque en otros experimentos con pollitos de 0-21 días se obtuvieron buenos resultados en ganancia de peso y TCA en un rango de 72-79 % de solubilidad de proteína (Araba y Dale, 1990, citado por Vohra y Kratzer, 1991). Akiyama (1992, citado por Treviño y Celis, 1994) considera como óptimo para especies acuícolas un índice de solubilidad de la proteína entre 60 y 80 %, aunque no menciona el método de solubilidad de proteína empleado.

En cuanto a la solubilidad de la proteína de los subproductos de pescado, es muy probable que en estado crudo (húmedo) sea del 100 %, aunque no se analizó. El reportado en este estudio corresponde al subproducto después del secado en estufa a 70 °C/24 hr. La solubilidad de la proteína viene dada por las proteínas globulares del músculo de pescado (Badui, 1993; Pacheco, 1995, com. per.), pero de los subproductos empleados (esqueleto), sólo un 40-50 % es músculo (aprox.), y el resto es esqueleto, por lo que pudo ser un factor que influyera en el valor obtenido (69.30 %).

El secado en la estufa también pudo ser otro factor determinante en la solubilidad de la proteína, aún cuando el calor de la estufa no es severo, pero si prolongado.

Otro factor pudo ser el congelamiento, que tiene un efecto muy marcado en la solubilidad de las proteínas. Para el análisis de solubilidad, los subproductos de pescado debieron ser primero molidos desde su lugar de origen, después congelados y finalmente descongelados, tomando una muestra para su secado en la estufa. Por lo que el daño que sufren las moléculas depende de la velocidad con que se efectúa la congelación; los ciclos de congelamiento-descongelamiento son muy dañinos para la mayoría de los alimentos y causan la desnaturalización y la agregación de sus proteínas (Badui, *op. cit.* y Pacheco, *op. cit.*). Las temperaturas bajas favorecen los puentes de hidrógeno entre proteínas y entre éstas y las moléculas de agua, lo que hace cambiar la conformación tridimensional de los polímeros. Debido a esto, los sistemas de estabilidad de la proteína se ven afectados, ya que los aminoácidos se ionizan con dificultad y por lo tanto puede haber asociación y precipitación (Badui, *op. cit.*).

SOLUBILIDAD DE PROTEINA EN COEXTRUIDOS.

La solubilidad de proteína de los 3 coextruidos no varió significativamente entre sí ($p > 0.05$), aún cuando fueron procesados a diferentes temperaturas y diferentes amperajes ($p < 0.05$). Esta similitud puede ser debido a un efecto compensatorio de la solubilidad de proteína de los subproductos de pescado en el coextruido a medida que aumenta su inclusión, que

equilibra con la solubilidad de proteína de la pasta de soya a medida que baja su inclusión. Sin embargo, ésta sí es dañada por la temperatura del proceso (Dale, 1992) cuando es extruída, como se ve en la tabla 14, al pasar de 73.66 % a 58.92 % (casi 15 %) aunque no sabemos a partir de que temperatura puede desnaturalizarse más.

Por otro lado, los valores de solubilidad de soya extruída (58.92 %) y de coextruídos (61.80 %), que no difieren significativamente entre sí ($p > 0.05$) y se encuentran dentro del límite de aceptación para su uso en especies acuícolas (Akiyama, 1992, citado por Treviño y Celis, 1994), quien menciona un rango del 60-80 %, pero es una evaluación nutricional lo que decidirá cuan aceptable puede ser este valor, entre otros factores, como se discutirá más adelante en la Fase III.

El amperaje es un un indicador del esfuerzo mecánico para extruir las mezclas, y tiene una relación directa con la temperatura, como puede verse en la tabla 3. Esto le permite guardar una alta correlación con la temperatura de proceso de cada coextruído, pero no tiene ninguna relación con la solubilidad de proteína, al igual que la temperatura de proceso, al menos entre los coextruídos.

Por otro lado, como se ve en la tabla 17, resultó evidente que al efectuar un análisis teórico de solubilidad de proteína de una mezcla sin coextruir, sus valores sean más altos con respecto a los coextruídos porque aún no han sido procesados, y que después del proceso esta solubilidad disminuya hasta un 11 % por efecto de la temperatura de extrusión. Esto indica que mientras más dañado esté un polipéptido por efecto de las altas temperaturas, más se desnaturaliza y menos soluble se torna (Araba y Dale, 1990, citados por Vohra y Kratzer, 1991; Dale, 1992, Parsons, 1992, Badui, 1993). Esto es debido a que la mayoría de las proteínas globulares, incluyendo las enzimas, pierden su conformación cuando se calientan a más de 60-70 °C, y cuando se encuentran altamente desnaturalizadas, tienden a la agregación (Badui, *op. Cit.*).

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA (CRA)

Como se muestra en la tabla 17, el tiempo de inmersión en agua para obtener la máxima hidratación de soya extruída no varió significativamente ($p > 0.05$), por lo que cualquier tiempo pudo ser usado para la realización del experimento en coextruídos. El valor de retención de agua obtenido es de proxímadamente 4 veces su peso inicial, que puede ser considerado como óptimo a nivel comercial (Audelo, 1995, com. Per.). Harper (1981) menciona rangos de hidratación de 2 a 6 veces su peso inicial, aunque ordinariamente, pueden ser esperados rangos de hidratación de 2.5 a 3. La capacidad de retención de agua se da cuando las proteínas en estado seco se hidratan mediante sus aminoácidos hidrófilos y retienen una cantidad de agua que está en equilibrio con la humedad relativa del medio ambiente. Al colocar la molécula hidratada en un recipiente con agua, tenderá a saturar sus grupos hidrófilos con el disolvente hasta llegar a la solubilización (Badui, 1993).

Este valor de CRA de soya extruída, que fue procesada a 165 °C con un 33 % de humedad inicial, coincide con los resultados de Aguilera y Kosikowski y Cumming (citados por Harper, 1981), quienes cuando extruyeron pasta de soya desgrasada con 30 % de humedad, alcanzaban altas temperaturas (170 °C), disminuyendo la densidad del producto e incrementando la absorción de agua.

Sin embargo, al comparar la soya extruída con los coextruídos, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la capacidad de retención de agua, observando que la soya extruída presentó el valor más alto, y que la adición de subproductos al 30 y 40 % disminuye ese valor, pero vuelve a aumentar con la inclusión del 50 % de subproductos de pescado.

Fellows (1994) menciona que el índice de absorción de agua de los cereales y sus derivados generalmente aumenta a medida que aumenta la intensidad del proceso, alcanzando su máximo a 180-200 °C.

Estos resultados muestran que al coextruir a temperaturas inferiores a 160 °C no se forma totalmente la matriz proteínica y la estructura fibrosa responsables de absorber agua, por lo tanto, inicialmente la adición de subproductos de pescado hacen al producto más denso, pero debido a la capacidad de absorber agua de las proteínas miofibrilares (Pacheco, 1995, com. Per.), un incremento en los mismos resultó en mayor retención de agua. Esto muestra que, si se agregaran más subproductos de pescado al coextruído, probablemente se incrementaría más la CRA con respecto al coe 50 s:50 p.

ANALISIS DE COSTOS.

El costo de energía eléctrica por tonelada se incrementó con la humedad de las mezclas coextruídas, debido a que se requirió más tiempo para procesar la mezcla más húmeda (50s:50p). porque no cae por gravedad tan fácilmente como los demás coextruídos. Hauck y Huber (1989) mencionan que los costos de operación del extrusor se incrementan exponencialmente cuando la humedad de proceso en el barril está por debajo del 27 %. Los factores que contribuyen a aumentar los costos de operación son el motor principal y el incremento en el costo de los componentes de reemplazo del barril. Los costos de operación totales de extrusión se incrementan por arriba de 2.7 veces cuando la humedad del proceso decrece de 27 a 15 %, con incremento en los costos de electricidad por arriba de 4.7 veces e incremento de costos de desgaste 4.8 veces (Hauck and Huber, *op. Cit.*).

Efectivamente, la mayor humedad causa menor resistencia al proceso y menor desgaste del equipo (Miller, 1996), y lo pudimos comprobar observando un amperaje menor para la mezcla 50 s:50 p, pero el problema radica en que en el extrusor empleado (de tornillo sencillo) la mezcla no cae fácilmente por gravedad hacia el barril extrusor. Esto ocasiona mayor inversión de tiempo para procesarlo, y por lo tanto, mayor consumo de energía eléctrica.

El costo de proceso sigue la misma tendencia de la energía eléctrica, por que no hay variación en los otros rubros relacionados al proceso. No hay mucha diferencia entre el costo del

proceso de los coe 70 s:30 p y 60 s:40 p, pero sí es más notable con respecto al coe 50 s:50 p, que es más caro.

Pero al ver el costo total/ton. de cada coextruído, considerándolo como un producto comercial (90 % de mat. seca) resulta bastante barato el coextruído 50 s:50 p (de mayor humedad inicial con respecto a los otros dos). Esta diferencia de costos la da el precio tan bajo/ton. del subproducto de pescado, por lo que a mayor inclusión de éste, menor costo del producto. Aunque no fue estimado el costo del secado, y probablemente sea mayor para el producto más húmedo, seguiría resultando rentable el coextruído con mayor inclusión de subproductos de pescado. Al hacer la comparación con la pasta de soya sin proceso y extruída, ésta resulta de costo muy elevado como para considerarla un ingrediente factible de empleo en dietas para acuicultura, por lo que de entrada podría rechazarse, a menos que nutricionalmente diera resultados aceptables en una evaluación nutricional, pero la disminución del % de proteína soluble al extruir la pasta de soya, ya puede predecir lo contrario.

El coe 50 s:50 p se perfiló ligeramente aún más barato que la pasta de soya, por lo que comparativamente sigue siendo el más barato de todos los ingredientes mencionados, aún cuando se comparara con la harina de pescado, cuyo costo es de \$ 4000.0/ton. (Jáuregui, 1996, com. per.). Pero se requiere conocer su valor nutricional mediante un bioensayo (que se discute más adelante) para obtener la razón costo beneficio y poder considerarlos económicamente factibles de uso en dietas acuícolas.

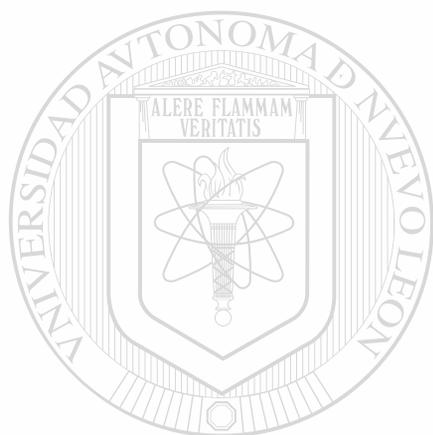
En cuanto al costo por punto de proteína, resulta más barato el de los subproductos de pescado, por su bajo costo .

— El costo por punto de proteína de los coextruídos baja en función del costo de los mismos, resultando más barato el del coe 50s:50p, pero resulta más caro el costo de la proteína de soya extruída, por efecto del proceso para su obtención.

Aunque no se efectuaron pruebas para determinar la vida de anaquel de los coextruídos, la baja humedad residual (menor al 6 %) después del secado les permitió conservarse adecuadamente hasta su uso en los alimentos extruídos, y aún hasta después de 12 meses de su elaboración, no hubo señales físicas de deterioro (hongos principalmente) ni desarrollo de rancidez, debido a su bajo nivel de lípidos (menos del 5 %), por lo que no requirió usar conservadores, como antioxidantes y antifúngicos. Aunque el uso de ambos es recomendado siempre que los ingredientes o alimentos estarán almacenados más de un mes y tendrán un mínimo de 10 % de humedad y 5-6 % de grasa, por lo que las dosis de inclusión de ambos conservadores estará en función de la humedad y grasa esperados (Téllez, 1996, com. per.).

Por otro lado, pueden emplearse otras harinas vegetales de menor costo que la pasta de soya para coextruir con subproductos de pescado como cereales (trigo, sorgo, maíz, etc.), con el objeto de producir ingredientes enriquecidos para usar como mezclas precocidas. En el presente estudio su utilidad como ingrediente en alimentos acuícolas estaría justificado por el bajo costo de ambos ingredientes, por la posibilidad de inclusión de mayor cantidad de subproductos de

pescado en materia seca cuando es estabilizado por el proceso y como fuente de almidón, pero no se dispone de información sobre los cambios físico-químicos que ocurren en los componentes almidonáceos cuando son reextruídos (Kollengode et al, 1996), aunque existen en el mercado almidones precocidos que al parecer facilitan el proceso de expansión de pelets por el proceso de extrusión (Cruz, 1996, com. per.),pero éstos a menudo son demasiado caros.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CONCLUSIONES.

□ El extrusor puede ajustarse para manejar una amplia gama de fórmulas, pero para tal fin se requiere de entender perfectamente el proceso. Esto es, conocer cual es la función específica de cada pieza que conforma el extrusor, particularmente las que integran el barril extrusor, y cuales serían los resultados esperados para cada variable aplicada.

□ El proceso de cocción de productos alimenticios por extrusión, requiere la aplicación de calor por suficiente tiempo para completar reacciones deseadas, como la gelatinización de almidones y texturización de proteínas entre otras. A altas temperaturas se requiere menor tiempo para el proceso, por lo que el proceso de cocción puede ser caracterizado por la aplicación de temperatura, humedad y corte.

□ A través de modificaciones en la configuración del extrusor y componentes, la configuración del dado, selección de ingredientes y condiciones de proceso, es posible controlar la densidad del producto final.

☛ El cocimiento de un producto en un extrusor se ve afectado según la configuración que tenga el cañón o tornillo del extrusor. Así, los anillos de presión (steamlocks) son en parte responsables de aumentar la temperatura del proceso, por la restricción que se produce entre la periferia del anillo y la pared del barril extrusor. Esta holgura estrecha produce corte, pero además atrapa el vapor y lo reincorpora de regreso en la masa de material plastificado. A mayor tamaño de anillos de presión, mayor corte, y por lo tanto, mayor temperatura de proceso.

☛ El cono de salida o dado es el responsable de desarrollar la forma del producto, pero además da la densidad, textura y apariencia finales, controla la capacidad del extrusor y la presión dentro del mismo. Debe tener un flujo de línea de corriente que no rasgue o cause efectos de corte en las moléculas de proteínas ya laminadas y unidas.

☛ La velocidad de alimentación o flujo de la mezcla al barril extrusor es un parámetro importante, ya que permite regular el tiempo de retención de la mezcla en el barril, por lo que es responsable de la eficiencia en tiempo y dinero del proceso.

☛ Los segmentos de tornillos o gusanos son responsables de alinear y orientar las largas moléculas de proteína en la masa alimenticia, es entonces cuando ocurre formación de fibra y enlaces cruzados.

□ La texturización de pasta de soya requiere para iniciar el proceso una temperatura mínima de 140 °C, y puede variar durante el proceso desde 150 a 200 °C para la obtención de una matriz proteínica y fibrosa. Un 30 % de humedad en la pasta de soya parece ser suficiente para obtención de altas temperaturas, lo que trae consigo un producto de baja densidad y alta capacidad de retención de agua.

□ El tamaño de partícula requerido para texturizar pasta de soya en este extrusor resultó bastante determinante en la textura fibrosa del producto final. Un tamaño de 2000 μ (malla 10) es bastante aceptable, por lo que habría que seleccionar adecuadamente el lote a comprar para el proceso. Es probable que pudiera emplearse un tamaño de partícula más fino (menos de 1000 μ , malla 18), pero habría que buscar las condiciones idóneas para lograr la textura deseada.

□ La textura de los coextruidos depende fuertemente de la inclusión de subproductos de pescado. La adición de pescado húmedo en baja inclusión mejora la textura, pero en mayor inclusión reduce la temperatura óptima para texturización, adquiriendo textura harinosa.

☛ Podría incluirse más subproductos de pescado en el coextruido, ajustando la mezcla a 25-30 % de húmeda para lograr altas temperaturas de proceso, pero requeriría un prensado previo de los subproductos para reducir el nivel de humedad, pero esto implicaría pérdida de nutrientes como vitaminas, minerales, proteínas, etc., en el agua desalojada, lo que reduciría en parte su valor nutricional.

□ La pérdida de humedad en el proceso de extrusión es dada cuando los productos saliendo de la alta presión en el extrusor, están a temperaturas por arriba del punto de ebullición normal, y pierden una cantidad sustancial de humedad por "flashing it off" como vapor.

☛ La pérdida de humedad del producto extruido está en función de la humedad inicial de la mezcla a extruir. A mayor humedad inicial, menor pérdida de agua, debido al enfriamiento del barril extrusor, habiendo por lo tanto disminución en la temperatura de proceso y menor evaporación. Una humedad inicial del 22 % traería consigo una pérdida de humedad del 40 al 50 % al final del proceso.

□ La composición proximal de coextruidos y pasta de soya no varía en el contenido de proteína, pero nutricionalmente se ha enriquecido con los aminoácidos de los subproductos de pescado, lo que los hace más valorables económica y nutricionalmente. Además presenta complementación con otros nutrientes, tales como grasa, vitaminas y minerales.

□ La solubilidad de la proteína constituye una técnica importante para evaluar el daño a las proteínas ocasionado por las altas temperaturas del proceso de extrusión.

☛ A mayor temperatura de proceso, mayor es el daño a las proteínas y menor es su solubilidad, por efecto de desnaturalización térmica. La solubilidad medida en la soya extruida como en los coextruidos (58.9 y 61.8 % respectivamente) demuestra la desnaturalización ocurrida durante la extrusión.

☛ Los valores de solubilidad en un rango de 73 a 85 % es considerado óptimo para especies terrestres, y de un 60 a 80 % para especies acuícolas.

☛ Aunque la técnica es sugerida para pasta de soya, su utilización en pescado y coextruídos es por la presencia de proteínas globulares, cuya solubilidad es evaluada en pasta de soya. En estudios recientes se encontró que la tintura azul coomassie puede usarse en la prueba de KOH para medir la solubilidad de la proteína, reduciendo el tiempo de realización de KOH, ya que no es necesario el análisis Kjeldahl con nitrógeno.

☐ La capacidad de retención de agua (CRA) es una propiedad funcional importante de proteínas vegetales texturizadas. En pasta de soya se incrementa con la temperatura de proceso, ya que baja la densidad del producto. Puede incrementarse haciendo modificaciones por el lado alcalino, utilizando $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o NaOH al 0.1 %.

☛ En coextruídos, la CRA decrece por adición de subproductos de pescado, pero vuelve a aumentar cuando éstos son incluidos en mayor porcentaje. Podrían obtenerse mejores valores si se hiciera una reducción de la humedad de los subproductos y se procesara a temperaturas mayores a 150 °C para texturización.

☐ La inclusión de subproductos de pescado en el coextruído baja el precio del producto: a mayor inclusión, menor costo, lo que los hace económicamente factibles de comercialización, pero la inclusión de subproductos húmedos es limitada, porque aumenta el grado de dificultad para extruirlo por su alta humedad y para cocerlo efectivamente, porque baja la temperatura, aunque el producto final puede ser almacenable después de un secado.

☛ Podría considerarse efectiva una mayor inclusión de subproductos de pescado en el coextruído, si éstos son deshidratados por prensado u otra técnica para remover el agua, lo que tendería a disminuir más el costo del producto. Aunque podría haber alguna desventaja nutricional por la pérdida de vitaminas, minerales, etc., pero quizá su efecto no sería significativo nutricionalmente hablando, considerando que al incluirlas en dietas, éstas son complementadas con dichos nutrientes.

☛ Podría obtenerse más eficiencia en el consumo de energía eléctrica si se aumentara al máximo la velocidad de alimentación, desde 70 a 100 rpm, aunque ésta no sería efectiva para mezclas demasiado húmedas, como el coe 50 s:50 p.

☛ Su factibilidad económica y nutricional fue desarrollado con un bioensayo, como se discute más adelante.

Algunas recomendaciones para la adecuada texturización de la pasta de soya son:

□ Un incremento en el pH de las proteínas vegetales antes o durante el proceso de extrusión ayuda en la texturización de la proteína, de tal forma que haciendo una modificación hacia el lado alcalino se incrementará la absorción de agua, y esto se realiza utilizando hidróxido de sodio, de magnesio o calcio para subir el pH, al 0.1 % aproximadamente o según se requiera.

☛ El pH óptimo es considerado entre 6.5 y 7.5 , el rango normal de productos de soya.

☛ Se ha adicionado NaCl arriba del 3 % para incrementar la firmeza del producto rehidratado y aumentar el efecto del ajuste del pH, pero no parece añadir ningún beneficio en la textura de la proteínas vegetales extruídas, de hecho, tiende a debilitar la fuerza en la textura.

☛ Se pueden adicionar otros aditivos a la pasta de soya, como colorantes alimenticios, sabores, minerales, emulsificantes y aumentar los enlaces cruzados con el uso de sulfuros elementales y CaCl_2 . Se ha adicionado lecitina a los ingredientes proteínáceos en un nivel de 0.2 - 0.5 %, mejorando las tasas de producción y obteniendo un producto más denso.

☛ El cloruro de calcio (CaCl_2) es muy efectivo para el incremento de la integridad textural de las proteínas vegetales extruídas, y también ayuda para suavizar la superficie. Los niveles de adición de CaCl_2 son entre 0.5 y 2.0 %. Con la adición de CaCl_2 y pequeñas cantidades de azufre, la pasta de soya que contiene 7 % de fibra puede ser texturizada.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FASE II : ALIMENTOS EXTRUIDOS FLOTANTES.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1) Determinar los parámetros de procesamiento en el extrusor para fabricar :

- a) Dietas con pasta de soya extruída como ingrediente principal.**
- b) Dietas con pasta de soya y subproducto de carpa herbívora.**
- c) dietas con coextruidos de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora con 3 niveles de inclusión de los subproductos de pescado.**

2) Formular dietas experimentales para bagre, incluyendo los coextruidos

3) Determinar características físico-químicas del proceso y en los alimentos obtenidos: composición bromatológica, temperatura, amperaje, humedad inicial y final, expansión y flotación de pelets.

4) Estimar costos de producción de los alimentos extruídos : Costo de energía eléctrica, costo de proceso (mano de obra, energía eléctrica, fletes de materia prima, mantenimiento, refacciones, etc.) y costo total de producción (costos de ingredientes y del proceso).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MATERIAL Y METODOS.

DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR.

COMPONENTES DEL EXTRUSOR A EMPLEAR EN EL PROCESO.

En material y métodos de la Fase 1 se describe este inciso. Dentro de los componentes del barril, se cambió el cabezal y el cono de nariz por un cabezal con un cortador (Fig. 26) y un portadados, cuyos orificios pueden cancelarse o dejarse en funcionamiento, bloqueando o adaptando en ellos tapones o dados de diámetro variable. La placa portadados puede cambiarse por dados con orificios fijos (Fig. 27), de acuerdo a las características del alimento que se va a elaborar. En contacto con el dado o portadados, se encuentra una cuchilla de 4 hojas conectada al eje del motor del cortador (de velocidad variable), que efectúa el corte de los pelets que salen por los orificios de la placa, en función de la velocidad de rotación fijada.

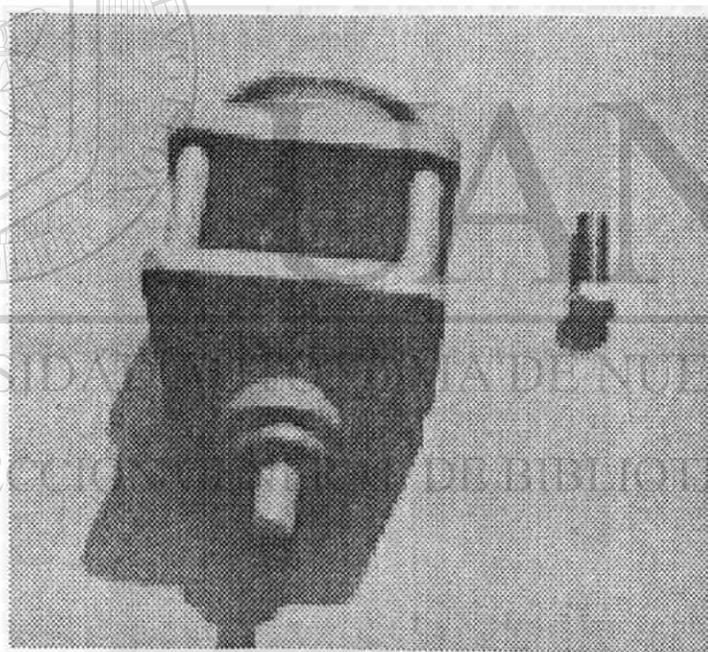


Fig. 26.- Cabeza con portadados y cortador, activado por un motor de velocidad variable.

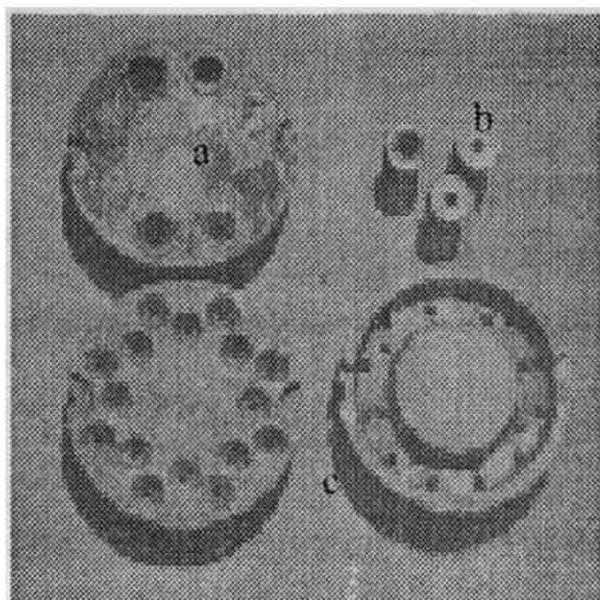


Fig. 27.- a) Placa portadados, donde pueden cancelarse orificios o adaptar diferentes tamaños y tipos de dados (b), y c) dados de orificios fijos.

El eje del cortador es accionado por un motor de velocidad variable (Fig. 28), de la que dependen la longitud y forma de los pelets.

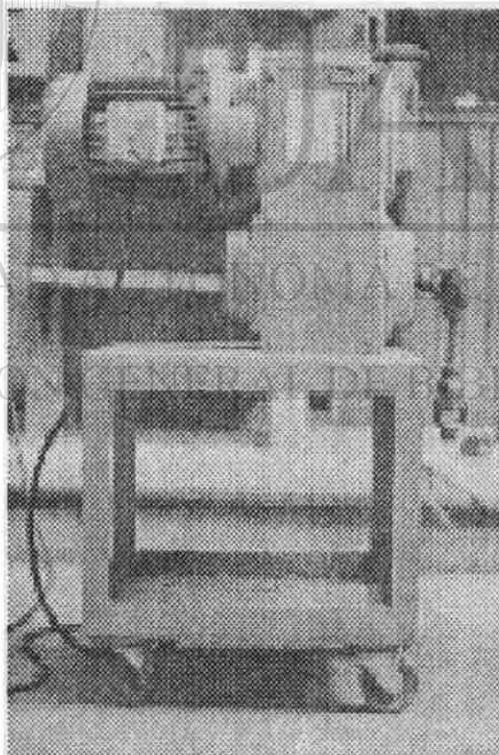


Fig. 28.- Unidad motora de velocidad variable, que activa la cuchilla del cortador.

El motor y la cabeza del cortador montados sobre el barril extrusor se observan en la Fig. 29.

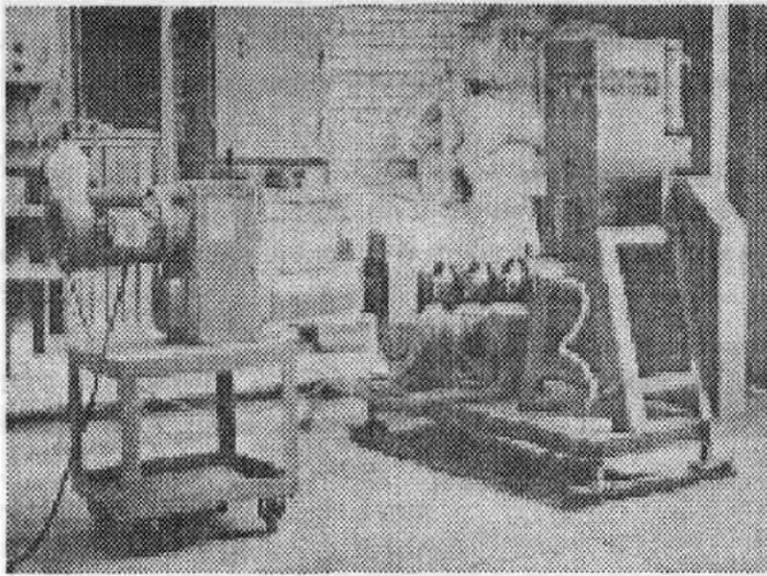


Fig. 29.- Extrusor armado completamente para producción de alimentos.

De la configuración interna de ensamble del barril (Fig. 3), sólo se cambió el tornillo de bala por uno de cabeza plana (Fig. 26), que es el que se necesita para poder conectar el cabezal portadados.

Todas las pruebas se realizaron por ensayo y error, tomando los resultados positivos de cada prueba, para aplicar en los siguientes ensayos.

Dentro de las variables consideradas para estandarizar el proceso están las siguientes:

a) La configuración del tornillo y de los anillos de presión. Se emplearon 7 diferentes combinaciones (Fig. 4) de éstos, y se fue modificando de acuerdo a las características físicas de los productos obtenidos:

Orden partiendo desde la base del eje:

- 1) 600-10 P/600-10/600-10/600-10
- 2) 600-10 P/600-10/600-10/600-08
- 3) 600-10 /600-08/600-08/600-05
- 4) 600-10 /600-08/600-08/600-08
- 5) 600-08 /600-08/600-08/600-10
- 6) 600-08 /600-08/600-10/600-10
- 7) 600-08 /600-08/600-10/600-10 P

b) Humedad de las mezclas. Se probaron 10 diferentes porcentajes de humedad agregada a las mezclas: 12, 15, 17, 19, 20, 22, 24, 27, 32 y 40 %, por desconocer para este extrusor con que nivel de humedad se podían obtener los resultados

deseados. Cada humedad probada se repitió o desechó , según los resultados obtenidos, además de inyectar o no agua durante el proceso

c) Grado de molienda. Se emplearon 3 distintos diámetros de tamiz para molienda: 1,2 y 4.5 mm, usando un turbomolino Pulvex motor Siemens de 5 HP. Se probó moler húmedo la mezcla y moler ingredientes por separado, sin repasar la mezcla.

d) Número y diámetro de hoyos de la placa portadados. Se emplearon 5 combinaciones de placas y diámetros:

1) Dado con 20 orificios de 3 mm.

2) Dado con 16 orificios de 4.5 mm.

3) Portadados con 3 dados: 2 de y un dado multihoyos, < 1 mm.

4) Portadados con 3 dados de 4.5 mm.

5) Portadados con 2 dados de 4.5 mm.

e) Se varió la velocidad de alimentación de la mezcla en cada una de las pruebas, desde 30 a 100 RPM, también de acuerdo a las características del producto y comportamiento del proceso.

f) Inyección de agua. Se dosificó desde 0 hasta 30 LPH. El agua es inyectada a presión por una bomba de agua de 1 HP, tipo DM, que succiona el agua hasta un pequeño depósito cilíndrico (sistema hidroneumático), con presión de arranque de 50 psi y de corte de 70 psi. Desde este cilindro se conecta una línea de cobre, que conduce el agua a un regulador, donde existe un medidor de flujo graduado desde 0-150 LPH, y es accionado por una válvula, que se cierra o abre manualmente para permitir el paso del agua. Después de este regulador se encuentra otra válvula, con la misma función que el rotámetro. Desde aquí se une otra línea de cobre o plástico de alta presión a la cámara inicial del extrusor, donde existe un inyector de agua, que tiene en su interior un pequeño sello cónico sujeto a un resorte, movido por la presión con que se inyecta el agua desde el flujómetro o regulador.

g) Velocidad de corte. La unidad motora del cortador presenta una escala en velocidad desde 1 a 10. En el proceso, ésta se varió desde 1 a 8, y fue ajustado en cada caso a la longitud deseada del pelet.

MATERIAS PRIMAS.

DIETAS EMPLEADAS PARA ESTANDARIZAR EL PROCESO.

A lo largo del proceso de estandarización se emplearon 5 diferentes dietas, debido a que, de las formulaciones elaboradas, se utilizaba aquella de la que tuviésemos disponibilidad de ingredientes. Todas las formulaciones presentaron el mismo nivel de

inclusión de pasta de soya, y tuvieron una incorporación en sorgo > al 35 %, para garantizar la compactación y flotación de los pelets. Otra razón para variar las dietas fue la introducción de nuevos ingredientes.

Las fórmulas empleadas en el 80 % de las pruebas efectuadas y en las pruebas finales (4.5 %) se muestran en la tabla 25.

Tabla 25.- Formulaciones empleadas para estandarizar el proceso de extrusión.

Ingredientes	% Inclusión en la fórmula	% Inclusion en la fórmula
Pasta de soya	45	45
Har. de Subprod. Animales	8	3
Har. de Sangre	---	5
Sorgo	39.77	41.67
Accite de Soya	3.32	4.07
% pruebas utilizadas	80	4.5

No se incluyeron microingredientes en las pruebas experimentales (vit,min., vit. C, etc.), por su baja inclusión.

Sin embargo, estas dietas fueron muy similares a las formulaciones experimentales empleadas, en cuanto a la inclusión y tipo de ingredientes.

Antes de cada prueba, se lubricó y calentó hasta 100 °C el barril del extrusor, con frijol de soya, posteriormente se hizo el cambio de piezas necesario, y se introdujeron las mezclas a procesar.

MATERIAS PRIMAS E INGREDIENTES ESPECIALES. OBTENCION.

Materias primas como pasta de soya (s), sorgo, harina de subproductos animales (H.S.A.), harina de sangre, subproductos de pescado y micronutrientes (vitaminas, minerales, antioxidantes, antifúngico) fueron proporcionados por la empresa Acuacultivos Mexicanos , S.A. DE C.V.(ACUMEX), ubicada en Abasolo, Tamps., aunque los ingredientes fueron comprados en Monterrey, N.L (Técnicas Nutricionales,S.A. de C.V., Proteínas Naturales S.A. de C.V., AYAMSA, APELSA S.A. de C.V.) (Ver Anexo 6). En material y métodos de Fase I se describe el origen de los subproductos de pescado (p).

Ingredientes especiales como los coextruidos de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora (70 s:30 p, 60 s:40 p, 50 s:50 p) y soya extruida, fueron procesados en la Planta Piloto de Alimentos del Laboratorio de Maricultura, de la Fac. de Ciencias Biológicas (Material y Métodos Fase I).

ANALISIS QUIMICOS.

ANALISIS PROXIMAL DE MATERIAS PRIMAS Y DIETAS EXPERIMENTALES.

Para la fabricación de las dietas se utilizaron ingredientes convencionales de uso comercial. El análisis proximal de los ingredientes, la elaboración de las dietas y el análisis proximal de las mismas, se llevó a cabo en el Laboratorio de Maricultura de la FCB-UANL.

Se usó el método de análisis proximal descrito por AOAC (1990), cuyos parámetros se describen en material y métodos de la Fase I (Tabla 1).

DETERMINACION DE CALCIO DE INGREDIENTES Y DIETAS EXTRUIDAS.

Se empleó el método de Absorción atómica, digestión vía seca (Anón., 1986, Perkin Elmer Corp.) (Anexo 1), usando un espectrofotómetro de Absorción Atómica, marca ZEISS GERMANY FMD4, y lámpara de cátodo hueco de calcio. Se empleó una longitud de onda = 422.7 nm.

Se elaboró una curva std para sorgo, subproductos de pescado y para el resto de los ingredientes (alimentos, pasta de soya, Harina de Subprod. Anim., Harina de sangre) que fueron usadas al momento de leer las muestras (Anexo 2). Las muestras fueron leídas en momentos diferentes. Además fue necesario emplear 2 espectrofotómetros como se describe en Material y Métodos de la Fase I. El tratamiento de muestras se efectuó por triplicado para ingredientes y cada uno de los replicados de alimentos extruídos. Se encontraron las siguientes ecuaciones de regresión, empleadas al momento de leer las muestras:

a) Ecuación de la recta para sorgo:

$$y = -0.0013 + 0.000375 x$$

$$r = 0.9820$$

$$r^2 = 0.9643$$

b) Ecuación de la recta para H.S.A., Har. de sangre, p. de soya y alimentos extruídos (citada en Fase I):

$$y = 0.049 + 0.017 x$$

$$r = 0.9946$$

$$r^2 = 0.9891$$

c) Ecuación de la recta para subproductos de carpa herbívora (usada además en coextruídos, citada en Fase I):

$$y = -0.0067 + 0.000375 x$$

$$r = 0.9993$$

$$r^2 = 0.9985$$

donde y = absorbancia y x = ppm de Ca en la curva std.

DETERMINACION DE FOSFORO DE INGREDIENTES Y DIETAS EXTRUIDAS.

Para fósforo se empleó el método espectrofotométrico del Molibdovanado fosfato (Acción final), AOAC, 1990 (Anexo 1), usando un espectrofotómetro marca Beckman DU 650, y lámpara de luz visible. El tratamiento de muestras se efectuó por triplicado para ingredientes y cada uno de los replicados de alimentos extruidos. Se encontraron las siguientes ecuaciones de regresión, usadas al momento de leer las muestras:

a) Ecuación de la recta para pasta de soya, sorgo y subproductos de pescado, a 410 nm. (citada en Fase I):

$$Y = -0.061 + 69.599 x$$

$$r = 0.9987$$

$$r^2 = 0.9974$$

b) Ecuación de la recta para harina de subproductos animales, harina de sangre y alimentos extruidos, a 400 nm:

$$y = 0.004 + 85.096 x$$

$$r = 0.9996$$

$$r^2 = 0.9993$$

donde y = absorbancia y x = mg de P_2O_5 en la curva std.

Cada curva de calibración fue efectuada en diferentes tiempos, y al momento de leer las muestras (Anexo 2). La primera curva fue elaborada en el mes de agosto de 1995 a 410 nm, determinada por un barrido de luz visible, y la segunda curva fue elaborada en el mes de Noviembre del mismo año, a 400 nm. En esta curva, la concentración de P_2O_5 calculada por el espectrofotómetro correspondía a la concentración teórica.

ELABORACION DE DIETAS EXPERIMENTALES.

FORMULACION DE DIETAS EXPERIMENTALES.

Las dietas experimentales (Tabla 26) fueron formuladas en el programa computacional Mixit 2, en base a la composición química de los ingredientes, y de acuerdo a los requerimientos nutricionales para bagre marcados por NRC, 1983, Robinson (1989), Wilson, 1992 (Anexo 5).

La inclusión de soya extruída y coextruídos al 45 % es porque presentan un nivel de proteína muy parecido (base seca)(Tabla 9), y porque son los ingredientes a probar nutricionalmente.

La inclusión de harina de sangre al 2 % es en base al límite de inclusión de la misma, no mayor al 5 %, y porque arriba del 2 % crea problemas de expansión, de igual forma para la harina de subproductos animales, su límite de inclusión no debe exceder del 10-15 %, esto si fuera exclusivamente de carne y sangre (Robinson y Li, 1994) (Anexo 4). El sorgo como fuente de almidón fue incluido arriba del 35 % para asegurar compactación y expansión al producto extruído.

Tabla 26.- Formulaciones experimentales para bagre.

Ingredientes	D1	D2	D3	D4	D5
Pasta de soya					33.437
Subprod. de Carpa Herb.					18.100
Soya Extruída	45.000				
Coe 70s:30p		45.000			
Coe 60s:40p			45.000		
Coe 50s:50p				45.000	
Sorgo	41.700	42.258	42.674	43.379	37.110
Har. Subprod. Anim.	7.000	7.000	7.000	7.000	6.251
Har. de Sangre	2.000	2.000	2.000	2.000	1.800
Aceite de Soya	3.057	2.499	2.083	1.378	2.199
Premix Vitaminico	0.200	0.200	0.200	0.200	0.180
Premix Minerales	0.500	0.500	0.500	0.500	0.440
Vit. C	0.200	0.200	0.200	0.200	0.180
Cloruro de Colina	0.080	0.080	0.080	0.080	0.070
Antioxidante Redox	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012
Antifungico	0.250	0.250	0.250	0.250	0.220

Premix vitaminico: Vit. A 10 000 000 U.I.; Vit. D3 1 200 000 U.I.; Vit. E 50 000 UI; Vit. K3 5 g.;

Tiamina 12 g Riboflavina 20 g; Piridoxina 10 g; Vit. B12 20 g; Biotina 600 g; Acido fólico 2.5 g;

Niacina 100 g; D-Pantotenato de Calcio 40 g; Vit. C 200; Exc. c.b.p. 1000 g

Premix minerales : Zinc 80 g; Manganeso 50 g; Yodo 2.5 g; Cobre 10 g; Cobalto 0.300 g; Fierro 100 g;

Exc. c.b.p 1000 g.; Vit. C como Ascorbil Polifosfato; Cloruro de Colina 60 %

PREPARACION DE MEZCLAS.

Se prepararon lotes de 30 Kg para cada prueba efectuada, con 2 replicados por tratamiento (por disponibilidad de coextruídos). Ingredientes como coextruídos, soya extruída, sorgo y harina de sangre fueron molidos en un turbo molino de martillos marca PULVEX, motor SIEMENS de 5 HP, con tamiz de orificios de 1 mm de diámetro (malla 18= 1000 μ).

Posteriormente fueron agregados a una mezcladora vertical marca HOBART de 3 HP, de aproximadamente 25 Kg de capacidad. Cada batch fue dividido en 2 lotes de 15 Kg c/u para no forzar el motor y asegurar un mezclado eficiente. Primero se mezclaron todas las harinas previamente molidas, después se agregaron los microingredientes (vitaminas, minerales, antifúngico, antioxidante) previamente mezclados en bolsas de polietileno, a continuación se agregó el aceite y por último el agua, adicionada en un 20 %; el tiempo de mezclado fue de 3-5 minutos.

Para la dieta con subproductos húmedos, éstos fueron descongelados una noche antes. Después del mezclado con las harinas (previamente molidos), fueron repasadas en el molino, empleando un tamiz con orificios de 4.5 mm de diámetro (aproximadamente malla 5, 4500 μ), ésto para reducir el tamaño de espinas y piel de los subproductos húmedos, que pudiera causar un problema de taponamiento en el extrusor. Posteriormente se volvieron a mezclar con los microingredientes (vitaminas, minerales, antifúngico, antioxidante), el aceite y el agua (ésta sólo se agregó en el segundo replicado).

Los macroingredientes (harinas, aceite) fueron pesados en una báscula Torrey, de 15 Kg de capacidad. Los microingredientes (vitaminas, minerales, etc.) fueron pesados en una balanza electrónica OHAUS Mod. TS4KD, lectura desde 0.1/0.01 g, de capacidad 4000g/400g, y las mezclas fueron puestas en cubetas de 19 l.

EXTRUSION DE MEZCLAS.

Las condiciones tecnológicas empleadas en el proceso fueron determinadas como principal objetivo, y se describen al inicio de esta fase. Las mejores condiciones de proceso se citan en resultados (Tabla 28). Previamente se calentó y lubricó el barril extrusor con frijol de soya (cuyo grano es rico en aceite), hasta una temperatura de 120 -130 °C. Inmediatamente se paró el extrusor y se cambió el tornillo bala con la cabeza y el cono de nariz (Fig. 3 y 5) por el tornillo de cabeza plano y el cabezal con cortador (Fig. 26), y se unió el eje de éste a la unidad motora de velocidad variable (Fig.28). Después de estos cambios, se inició el proceso con una temperatura mínima de 100 °C, ya que en los ensayos preliminares se observó que es cuando empieza a ver rápida cocción y expansión, y además, para llegar a estabilizar el proceso con los pequeños lotes experimentales preparados, de 30 Kg.

De inmediato se puso en funcionamiento el extrusor, y se agregaron las mezclas por separado (ver condiciones de proceso en resultados). Al término de cada prueba, se retiraron los residuos de las mezclas de la parte interna del barril extrusor y la tolva de recepción de ingredientes, y se dejó listo para la siguiente sesión.

Los productos obtenidos(pelets) fueron secados al sol pocas horas, o toda la noche (según la hora del proceso), y posteriormente fueron almacenados en sacos de papel para su conservación hasta su uso.

PARAMETROS FISICOS REGISTRADOS.

Se registraron cada minuto el amperaje (amp) y temperatura (°C) del proceso. La temperatura corresponde a la registrada en el termómetro del último segmento del barril. La lectura del amperaje fue tomada del tablero de control del extrusor.

MERMA POR PROCESO.

Para conocer la pérdida de humedad por proceso, se determinó la humedad de c/u de las mezclas (pre-proceso) y alimentos (post-proceso), tomando muestras en bolsas de polietileno, empleando el método descrito en AOAC (1990).

OTROS PARAMETROS FISICOS EVALUADOS.

EXPANSION DEL ALIMENTO EXTRUIDO (PELETS).

Para conocer el % de expansión de los pelets de las 5 dietas extruídas, se midió el diametro de 10 pelets tomados al azar de uno de los dos replicados elaborados de las dietas que presentaron en apariencia la mayor expansión. Se usó un vernier graduado en mm para efectuar la medición, y se relacionó esta medida con respecto al diámetro de salida de los orificios del dado, de 4.5 mm.

FLOTACION DEL ALIMENTO EXTRUIDO (PELETS).

Para conocer el % de flotación de los pelets de las 5 dietas extruídas, se colocaron en un volumen de agua destilada de 250 ml, 20 pelets tomados al azar de las dietas de uno de los dos replicados elaborados de las dietas que presentaron en apariencia la mayor expansión. Se hizo el conteo de los pelets flotantes a 5 tiempos, cada 5 minutos, y el % de flotación se determinó en función de los pelets flotantes cada tiempo, con respecto al tamaño de muestra original. Se emplearon 3 replicados para cada tiempo.

ANALISIS DE COSTOS DE DIETAS EXTRUIDAS.

COSTO ESTIMADO DE ENERGIA ELECTRICA.

El proceso para evaluar este rubro fue muy similar al usado en material y métodos de la primera fase para coextruídos. Se adicionaron el alimentador y la mezcladora, la unidad motora del cortador, el molino y la bomba de agua, además del motor de arranque del extrusor. Fue considerada su potencia en HP y su equivalente en KW, y el tiempo de uso de cada motor, para calcular el consumo de energía eléctrica requerida para procesar una tonelada de la mezcla húmeda.

El costo de energía eléctrica fue el mismo (\$0.155 /KWH para el mes de marzo), y se agregó un 20 % a este costo al iniciar el proceso sólo para el motor de arranque (50 HP, 37.3 KW), porque es cuando se presenta una mayor demanda de electricidad.

COSTO ESTIMADO POR PROCESO.

Dentro de este rubro se consideran los mismos costos que para coextruídos (mano de obra, fletes de materias primas, mantenimiento/refacciones, otros gastos), excepto el costo de la energía eléctrica, que fue calculado en el inciso anterior.

COSTOS DE INGREDIENTES.

El costo de los ingredientes por Kg del mes de enero-febrero de 1996 se muestran en la tabla 27 (resultados).

Tabla 27 .- Costo de ingredientes por Kg (mes de enero-febrero 1996).

Ingredientes	Costo/Kg \$
Harina de Pescado PROESA	4.00
Pasta de Soya	2.36
Subprod. de Carpa Herb.	0.50
Soya Extruida	3.19
Coextruido 70 s:30 p	2.48
Coextruido 60 s:40 p	2.43
Coextruido 50 s:50 p	2.33
Sorgo	1.25
Har.de Subprod. Anim.	1.10
Har. de Sangre	2.00
Aceite de Soya	4.50
Premix Vitamínico	33.00
Premix Minerales	3.60
Vit. C	35.17
Cloruro de Colina	8.70
Antioxidante Redox	5.00
Antifúngico	17.00

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para determinar si había diferencias significativas entre los tratamientos de los parámetros evaluados, se realizaron análisis de varianza de una vía (Anova) y pruebas de comparación múltiple de Duncan, a un nivel de significancia de 0.05, por medio de una computadora con el programa SPSS 5.0 para Windows. Además de este análisis, se aplicó un análisis de covarianza entre la humedad final y la inicial, para conocer si había un efecto significativo de la humedad inicial sobre la humedad final, y del tratamiento sobre la humedad final de los alimentos extruídos.

Para el caso del % de flotación, los valores en % se transformaron a arc sin, debido a que es una variable de tipo binomial, y se aplicó un anova bifactorial entre los diferentes tiempos y las dietas, y al no haber diferencias significativas con respecto al tiempo, se aplicó un anova de una vía y comparación múltiple de Duncan entre las dietas y los valores de flotación transformados.

RESULTADOS.

DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR.

VARIABLES CONSIDERADAS PARA ESTANDARIZAR EL PROCESO.

Se realizaron un total de 44 pruebas, aplicando en ellas las diferentes combinaciones de anillos de presión, de humedad, de grado de molienda, de número y diámetro de hoyos de la placa portadados, velocidad de alimentación, niveles de inyección de agua y de velocidad de corte.

Las mejores condiciones de proceso se muestran en la tabla 28, donde se observa que la configuración de anillos de presión es la misma usada en coextruidos, aunque la temperatura para iniciar el proceso es mucho menor (100 °C).

Tabla 28.- Condiciones de proceso determinadas para extrusión de alimentos flotantes.

Parámetro	Unidad de medida	Valor Exp. Obtenido
*Anillos de Presión	std	600 -10/600-08/600-08/600-08
**Velocidad de Alimentación	rpm	50-80
Velocidad de Corte	---	5-8
Núm.de Orif. del Portadados	numero	2
Diám. Orificios del Portadados	mm	4.5
Diám. de Tamiz para Molienda	mm	1
Hum. Adic. a Mezclas	%	20
***Nivel de Inyección de Agua	lph	10-20
Temp. Inicial	°C	100

*Tienen un equivalente en pulgadas, citados en material y métodos. Fase I..

**El proceso inició en 50 rpm, y cuando empezó a peletizar se aumentó a 80 rpm.

***Inició en 10 lph, y se modificó de acuerdo a las características obtenidas en los pellets.

DIETAS EMPLEADAS PARA ESTANDARIZAR EL PROCESO.

La dieta con que se obtuvieron los resultados deseados fue la segunda fórmula mostrada en la tabla 25, aunque, bajo las mismas condiciones de proceso determinadas, la 1a. fórmula habría dado los mismos resultados. Este cambio de fórmula estuvo en función del cambio de ingredientes, y a la disponibilidad de los mismos al momento de procesar.

El criterio para evaluar el proceso estuvo basado en la homogeneidad del mismo, en cuanto al flujo continuo del producto, sin interrupción, la temperatura se estabilizó alrededor de 110 °C y el amperaje en 75 amp (Fig. 30), y en las características físicas del producto obtenido: pellets expandidos y flotantes, firmeza en su compactación (blindado), color café claro uniforme y apariencia y olor agradables. La temperatura y amperaje fueron registrados cada minuto.

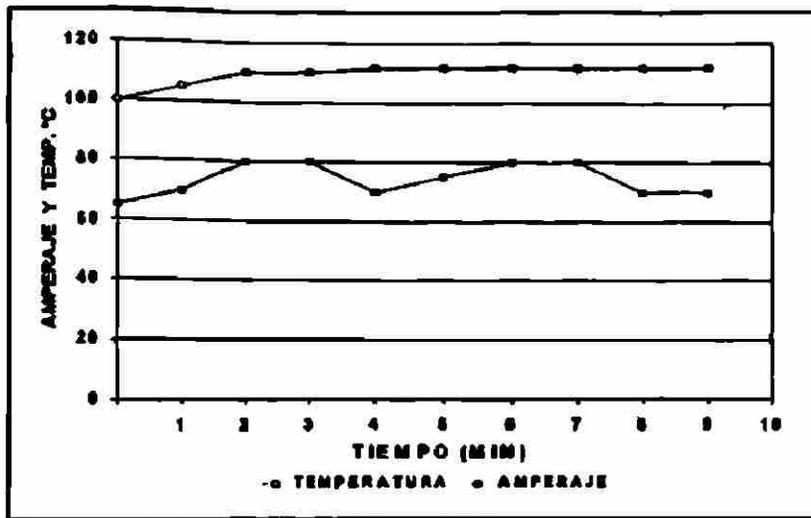


Fig.30.- Comportamiento de temperatura y amperaje para la mejor prueba de extrusión de alimentos.

ANALISIS QUIMICOS.

ANALISIS BROMATOLOGICO DE MATERIAS PRIMAS.

Como se observa en la tabla 29, el contenido en proteína entre pasta de soya y coextruidos es muy similar, no así su contenido en lípidos, el cual aumenta progresivamente a la inclusión de subproductos de pescado. La soya extruída aumentó el % de lípidos con respecto a la pasta de soya, debido a la lubricación previa del tornillo del extrusor con frijol de soya, que es rico en aceite, y presenta un contenido proteína ligeramente inferior a la pasta de soya.

De los ingredientes convencionales, la harina de sangre es el más alto en proteína cruda, seguido por la harina de subproductos animales, que es muy alto en grasa; los subproductos de carpa herbívora, por su alto contenido de humedad, muestran un nivel bajo en proteína y lípidos; y el sorgo, que es el ingrediente más bajo en proteína, es el más alto en ELN como fuente de carbohidratos.

ANALISIS BROMATOLOGICO DE DIETAS EXTRUIDAS.

Como se observa en la tabla 30 y fig. 31, sólo el contenido de fibra no es significativamente diferente ($p=0.0838$) entre las dietas extruídas, mientras que los demás nutrientes si varían entre las mismas ($p<0.05$). El contenido de proteína varió desde 33 a 35 %, y la grasa desde 4.5 al 5.15 %, ambos en base seca, encontrándose en el rango de dichos nutrientes requeridos para engorda de bagre. La ceniza, calcio y fósforo aumentan su concentración de manera directa a la inclusión de pescado en el coextruído de la dieta, excepto para la dieta con pescado crudo, donde la concentración de calcio y fósforo es muy parecida a la dieta con el coe 60 s:40 p.

En la tabla 31 se muestra la inclusión en materia seca de los subproductos de pescado cuando el coextruído es incorporado al 45 % en la dieta, mostrando la mayor inclusión la dieta D4, mientras que la dieta D2 y D5 presentan aproximadamente el mismo nivel de incorporación de pescado.

Tabla 29.- Composición bromatológica de materias primas.

Ingrediente	Humedad	Proteína	Lípidos	Ceniza	Fibra	ELN	Energía Kcal/g	Ca	P
P. de Soya	8.00	47.29	0.29	6.69	3.16	34.57	4.09	0.28	0.65
Soya Extr.	8.11	46.95	0.75	6.76	4.11	30.59	4.11	0.28	0.66
Coe 70 s:30 p	6.24	48.21	1.96	8.14	2.01	33.43	4.26	0.67	0.96
Coe 60 s:40 p	5.70	48.67	2.87	8.61	2.16	31.99	4.31	0.93	1.08
Coe 50 s:50 p	5.28	49.02	4.41	8.55	2.23	30.50	4.41	1.41	1.21
*S.C.H..	74.36	17.42	3.92	3.77	0.00	0.53	1.37	0.68	0.66
Sorgo	9.66	12.38	2.04	1.81	2.87	71.23	3.81	0.04	0.25
**H.S.A.	4.70	53.25	24.97	12.62	2.36	2.07	5.44	1.79	1.10
Har. de sangre	4.99	86.12	0.27	3.12	0.31	5.18	5.06	0.14	0.12

* S.C.H.- Subproductos de carpa herbívora.

**H.S.A.- Harina de subproductos animales.

Valores de ingredientes reportados en base húmeda.

El factor de conversión de proteína fue 6.25 para todos los ingredientes, excepto para sorgo (5.38).

Tabla 30.- Composición bromatológica de dietas extruídas para bagre.

DIETA	Humedad	Proteína	Lípidos	Ceniza	Fibra	ELN	Ca	P
D 1	6.49	33.10	4.64	5.41	2.75	54.11	0.50	0.58
ds	1.05	0.40 a	0.42 a	0.19 a	0.64 b	0.59 c	0.03 a	0.01 a
D 2	5.18	33.92	4.94	5.93	2.19	53.02	0.66	0.75
ds	0.36	0.64 b	0.04 b	0.36 b	0.06 ab	0.58 b	0.04 b	0.08 b
D 3	5.90	34.92	4.59	6.33	2.38	51.78	0.73	0.78
ds	0.80	0.58 c	0.08 a	0.23 bc	0.58 ab	1.18 a	0.02 c	0.04 b
D 4	7.08	33.78	5.15	6.50	2.44	52.12	0.82	0.88
ds	0.30	0.77 ab	0.42 b	0.31 c	0.47 ab	0.75 ab	0.04 d	0.03 c
D 5	7.14	34.22	4.54	6.58	2.02	52.63	0.73	0.84
ds	0.82	0.71 bc	0.53 a	0.55 c	0.08 a	0.62 ab	0.03 c	0.02 c
Anova (0.05)		0.0009	0.0278	0.0000	0.0838	0.0003	0.0000	0.0000
*THV		0.680	0.000	0.008	0.000	0.324	0.358	0.002

D1=con soya extruída, D2= con coe 70 s:30 p, D3= con coe 60 s:40 p, D4= con coe 50 s:50 p, D5= con p. de soya y subprod.de pescado.

Valores de dietas reportados en base seca.

n=6 valores por tratamiento. generando 30 casos para análisis estadístico.

El factor de conversión de proteína fue 6.25

Letras diferentes denotan diferencias significativas, en $p < 0.05$.

*THV = Test de homog. de Varianzas de Levene (SPSS 5.0 Win).

Tabla 31.- % de inclusión en materia seca de los subproductos de carpa herbívora y soya en dietas para bagre.

Dieta	Subprod. carpa herb. (n.s.)	Pasta de Soya
D1	0	45
D2	4.80	40.24
D3	7.05	37.98
D4	9.80	35.19
D5	4.64	30.76

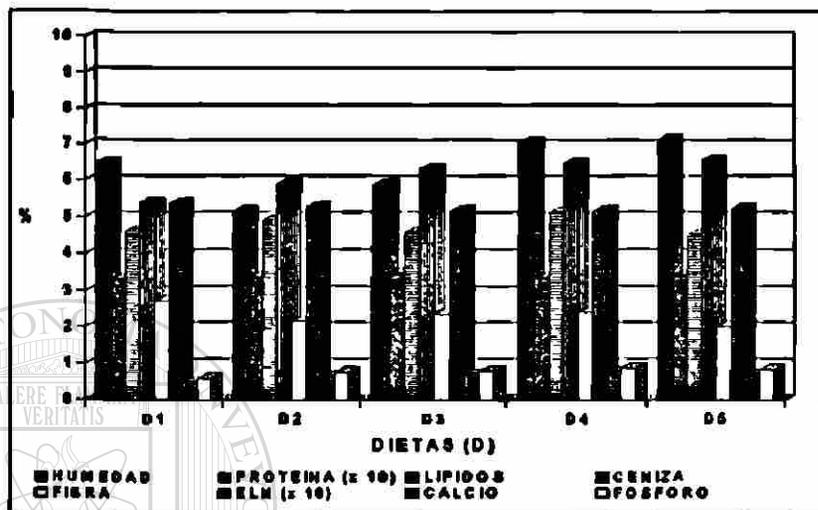


Fig. 31.- Composición bromatológica de dietas extruidas para bagre (b.s.).

DETERMINACIÓN DE CALCIO Y FOSFORO DE INGREDIENTES Y DIETAS EXTRUIDAS.

Como se puede observar en la tabla 30, de los ingredientes empleados, el sorgo es el que aporta la menor cantidad de calcio, no obstante el contenido en fósforo es mucho mayor. La pasta de soya y soya extruida presentan una relación Ca:P 1: 2, ocurriendo lo contrario con la harina de subproductos animales, que es más alta en calcio, por la composición de ingredientes que la forman (pelo, pluma, pezuña, vísceras, etc.). Los otros ingredientes presentan una relación Ca:P de 1:1.

Para los alimentos extruidos (Tabla 30 y Fig. 31), el contenido de Ca y P está en una relación 1:1, y se incrementa su concentración de acuerdo a la inclusión de subproductos de pescado en el coextruido, excepto para la dieta 5, en la cual la concentración de calcio de ambos nutrientes es muy parecida a la de la dieta con el coextruido 60 s:40 p.

ELABORACION DE DIETAS EXPERIMENTALES.

EXTRUSION DE MEZCLAS.

Se aplicaron las especificaciones técnicas descritas en la tabla 28, de resultados Fase II en la extrusión de todas las mezclas. Se observó estabilidad en temperatura y amperaje para los 2 replicados de cada dieta procesada (Fig. 32, 33, 34, 35 y 36). No se observaron cambios drásticos en ninguno de estos 2 parámetros durante el proceso, obteniendo buena reproducción en los replicados de cada prueba.

El proceso de extrusión de dietas inició con una alimentación de 50 rpm, sin inyección de agua y el cortador en velocidad 1. Cuando empiezan a salir los pelets, se hizo un drástico aumento en la alimentación hasta 80 rpm, a la vez que se inyectó agua en un mínimo de 10 lph y se elevó la velocidad del cortador hasta 5. Estas 2 últimas variables fueron modificados, según lo fueran requiriendo la textura y apariencia física de los pelets obtenidos, además de la longitud deseada.

En este proceso, la inyección de agua fue desde 10-20 lph, y la velocidad de corte desde 5 a 8, hasta que se obtuvieron pelets expandidos (forma de bolitas) y flotantes, compactos, de color café claro uniforme, y en general, apariencia y olor agradables. Las dietas obtenidas fueron secadas ambientalmente (toda la noche), y al siguiente día fueron guardadas en sacos de papel hasta su uso.

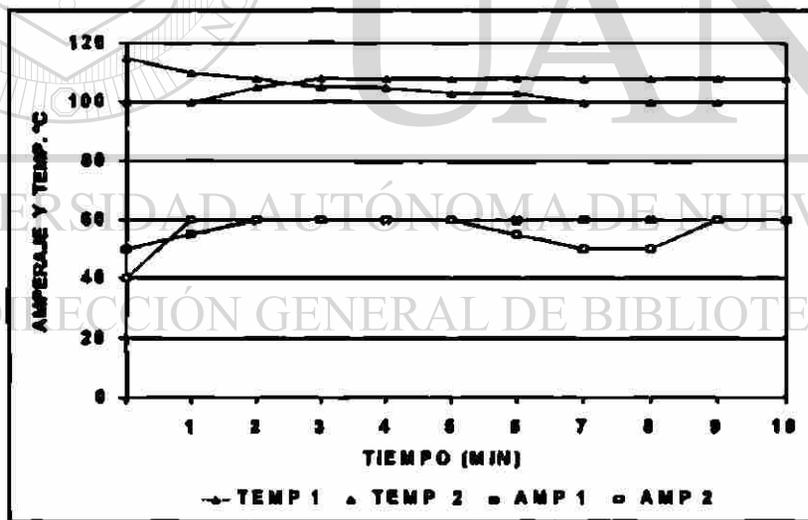


Fig. 32.- Parámetros físicos de extrusión de dieta con soja extruída (D1).

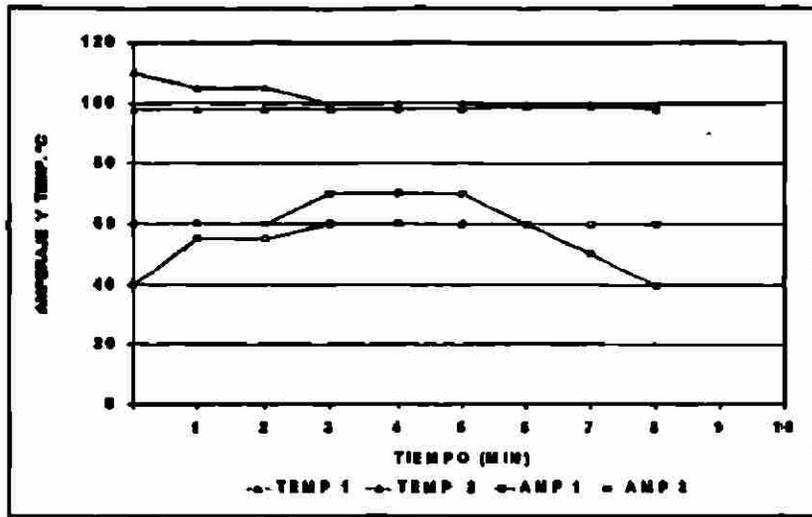


Fig. 33.- Parámetros físicos de extrusión de dieta con coextruido 70 s:30 p (D2).

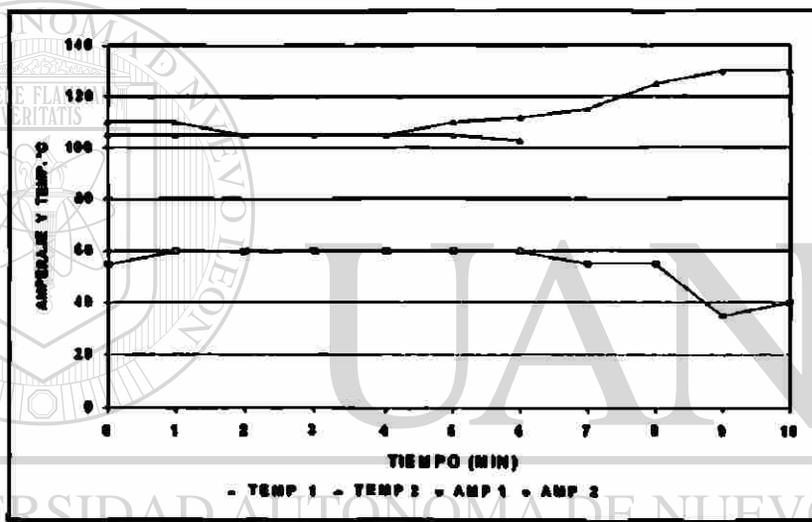


Fig. 34.- Parámetros físicos de extrusión de dieta con coextruido 60 s:40 p (D3).

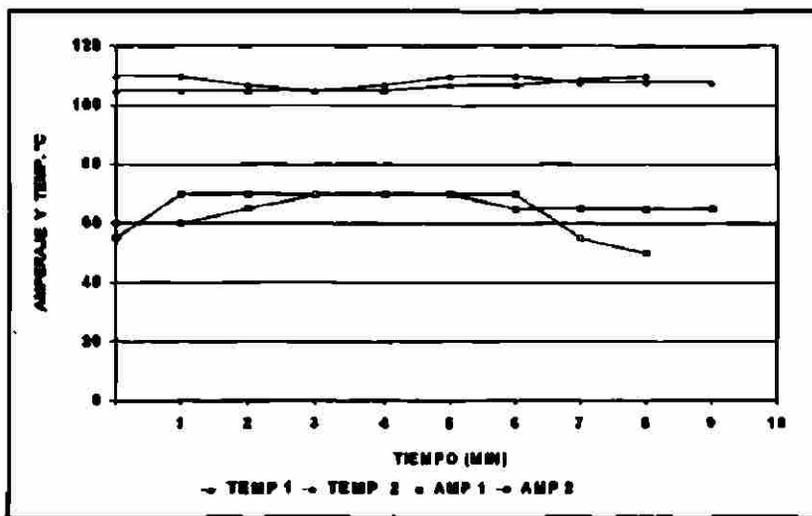


Fig. 35.- Parámetros físicos de extrusión de dieta con coextruido 50 s:50 p (D4).

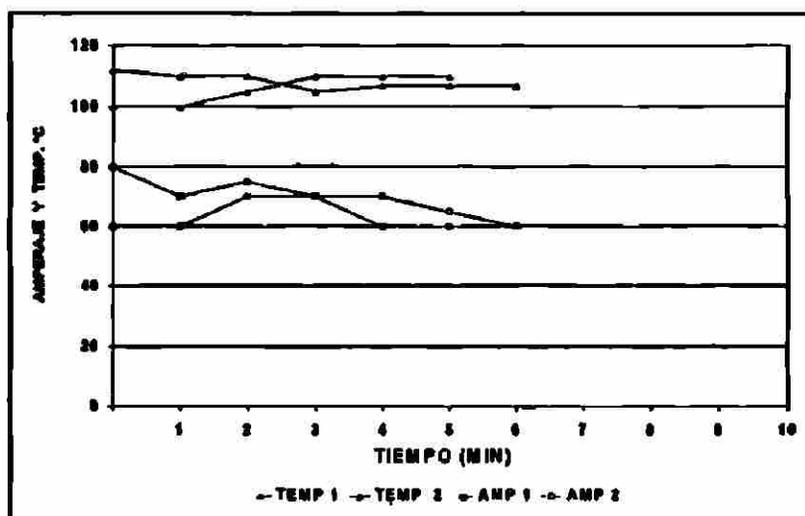


Fig. 36.- Parámetros físicos de extrusión de dieta con inclusión de pasta de soya y subproductos de carpa herbívora (D5), sin proceso.

PARAMETROS FISICOS REGISTRADOS.

La temperatura promedio de proceso se mantuvo constante en todas las pruebas, de 100 °C a 110 °C, y aunque hay diferencias significativas entre las dietas extruídas ($p < 0.05$), no presenta cambios drásticos en el proceso.

El amperaje promedio registrado se mantuvo alrededor de los 60 amperes, pero también presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dietas procesadas. No se presentaron variaciones drásticas del mismo, lo que indica la homogeneidad del proceso (Tabla 32 y Fig. 37).

Tabla 32- Promedio de temperatura y amperaje registrados en la extrusión de dietas experimentales para bagre.

Dietas	Temperatura °C	Amperaje (Amp)
D1	105.42 ± 3.42 b	57.89 ± 3.84 a
D2	99.87 ± 2.22 a	59.37 ± 7.51 a
D3	110.94 ± 9.27 c	56.56 ± 7.68 a
D4	107.41 ± 1.94 b	65.76 ± 5.86 b
D5	107.36 ± 3.17 bc	66.36 ± 5.52 b
p Anova (0.05)	0.0000	0.0000
*THV	0.000	0.643

n=79 casos para análisis estadístico.

Letras diferentes indican que difieren significativamente ($p < 0.05$).

*Test de homogeneidad de varianzas de Levene (SPSS 5.0 Win).

El tiempo de proceso fue en promedio de 5 minutos para todas las pruebas, y no resulta significativo entre las dietas procesadas ($p > 0.05$), pero dicho parámetro está en función de la cantidad del lote a procesar.

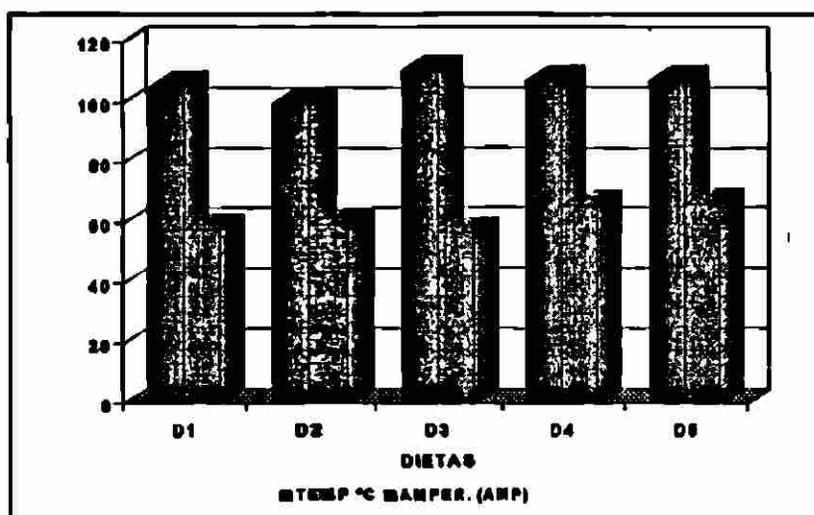


Fig. 37.- Promedio de temperatura y amperaje registrados en extrusión de dietas experimentales para bagre.

HUMEDAD GANADA.

No hubo pérdida de humedad en las dietas procesadas, sino al contrario, hubo ganancia de la misma, presentando diferencias significativas en el % de humedad ganada ($p < 0.05$), debido a que es necesario inyectar diferentes niveles de agua (lph) durante la extrusión de las mezclas (Tabla 33 y Fig. 38), para lograr la compactación y expansión de las mismas, para efecto de gelatinización de almidones y flotación de los pelets, lo que provoca que la humedad final de las dietas presente diferencias significativas ($p < 0.05$).

Aún cuando se adicionó la misma cantidad de agua a todas las mezclas antes de procesarlas, la humedad inicial presenta diferencias significativas ($p < 0.05$), que proviene de la dieta con subproductos de pescado (D5) de una de las repeticiones, en la cual no se ajustó la humedad inicial al nivel de las otras porque teóricamente no lo requería, de acuerdo a la formulación empleada (20 % teórico). La humedad real fue de 17.09 % (muy probablemente perdió humedad por el efecto de congelación), por lo que el segundo replicado se ajustó hasta obtener 21.5 % de humedad.

Tabla 33.- Valores de humedad obtenidos para extrusión de dietas experimentales para bagre.

Dietas	% Humedad Inicial.	% Humedad Final	% Humedad Relativa Ganada
D1	22.51 ± 0.56 b	24.94 ± 1.63 cd	10.76 ± 6.44 a
D2	22.63 ± 0.46 b	23.47 ± 0.38 bc	3.77 ± 3.51 b
D3	22.74 ± 1.74 b	25.47 ± 0.72 d	12.42 ± 6.47 a
D4	22.40 ± 0.33 b	22.44 ± 0.49 ab	0.23 ± 2.94 b
D5	19.29 ± 2.44 a	21.35 ± 3.01 a	10.51 ± 2.48 a
P (Anova)	0.0008	0.0006	0.0004
*THV	0.000	0.000	0.006

n= 6 valores por tratamiento, generando 30 casos.

La humedad ganada es la (Hum. Ini. - Hum. Fin./Hum. Ini.)x 100

Cada valor representa la media del tratamiento.

Letras diferentes indican diferencias significativas en p<0.05.

*Test de Homogeneidad de Varianzas de Levene (SPSS 5.0 Win).

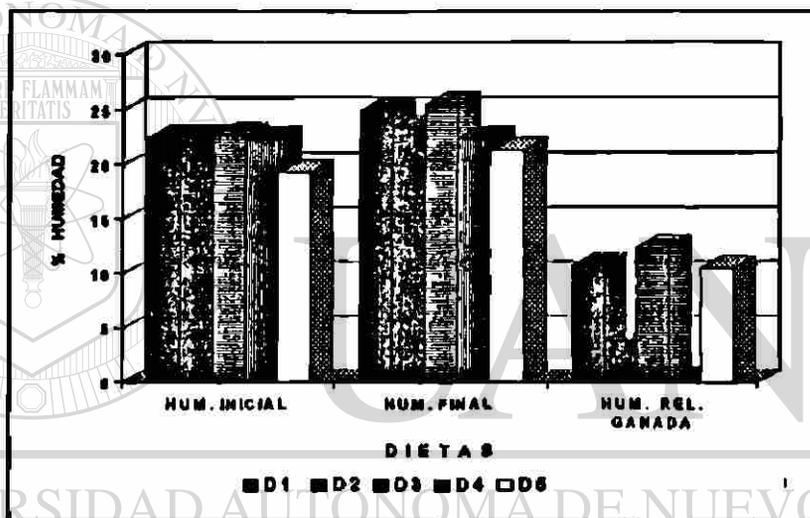


Fig. 38.- Humedades obtenidas para extrusión de dietas experimentales para bagre.

OTROS PARAMETROS FISICOS EVALUADOS.

EXPANSION DE PELETS.

Como se observa en la tabla 34 y fig. 39, se presentaron 3 grados de % de expansión en las 5 dietas extruídas, lo que las hace significativamente diferentes entre sí (p<0.05), presentando el menor % de expansión la dieta 2 (con coe 70 s:30 p), seguida por la dieta 1 (con soya extruída), no habiendo diferencias significativas en las dietas 3, 4 y 5, aún cuando todas las dietas tuvieron incluidos niveles similares de sorgo (empleado como fuente de energía) y humedad, entre otras condiciones.

FLOTACION DE LOS PELETS.

El anova bifactorial mostró que los diferentes tiempos de flotación (de 5 a 25 minutos), no tiene efecto significativo sobre el % de flotación de los pelets ($p=0.378$), lo que implica que se puede usar cualquier tiempo para el análisis, pero sí tiene un efecto altamente significativo la dieta sobre el % de flotación ($p=0.0000$), aunque la interacción entre ambos no presenta diferencias significativas ($p=0.996$).

Al aplicar un anova de una vía entre el % de flotación (valores transformados a arc sen) y las dietas, hubo diferencias altamente significativas en los % de flotación ($p=0.0000$), presentando la menor flotación la dieta 2 (con el coextruido 70 s:30 p), y el más alto valor la dieta con subproductos de pescado y pasta de soya (D5), como se muestra en la tabla 34 y Fig. 39.

Tabla 34 .- Valores promedio de % de expansión y flotación de dietas extruídas para bagre (pelets).

Dietas	% Expansión	% Flotación
D1	30.00 ± 1.89 b	68.00 ± 11.77 b
D2	22.89 ± 2.11 a	35.67 ± 5.30 a
D3	33.33 ± 5.24 c	72.33 ± 8.84 b
D4	33.33 ± 0.0 c	95.33 ± 1.29 c
D5	33.33 ± 0.0 c	98.33 ± 2.44 d
p Anova (0.05)	0.0000	0.0000
*THV	0.132	0.000

Valores expresados en %.

Para expansión, n=10 valores/dieta= 50 casos.

Para flotación, n= 15 valores/dieta= 75 casos. Los valores de % fueron transformados a arc sen .

Letras diferentes indican diferencias significativas en el nivel $p<0.05$.

*Test de Homog. De Varianzas de Levene (SPSS 5.0 Win)

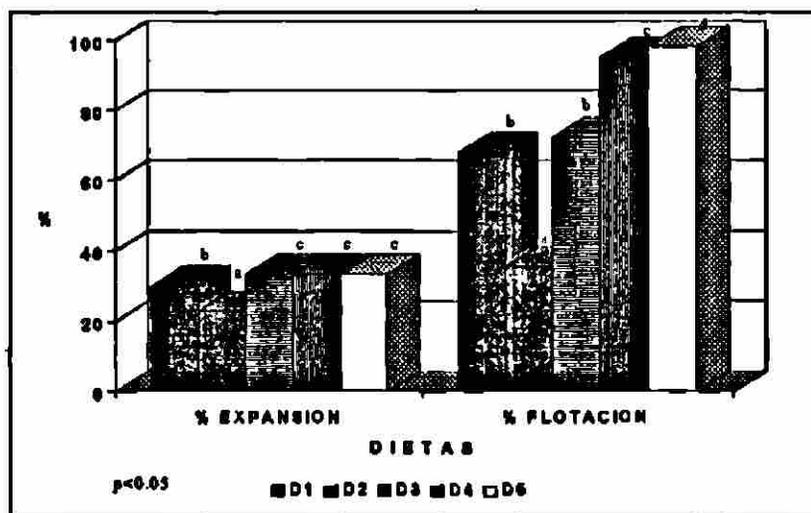


Fig. 39 .-Valores promedio de % de expansión y flotación de pelets de dietas extruidas para bagre.

CORRELACION MULTIPLE ENTRE PARAMETROS FISICOS DE PROCESO.

Se efectuó un análisis de correlación múltiple entre los parámetros físicos de proceso (tabla 35), encontrando una alta asociación entre expansión y temperatura (0.9330), expansión y flotación (0.9150) dietas y amperaje (0.8086), y una pobre asociación entre temperatura y amperaje (0.0496), entre otros. La correlación entre amperaje, expansión y flotación no fue muy alta.

Tabla 35.- Valores de correlación entre parámetros físicos de proceso.

	Temperatura	Amperaje	% Expansión	% Flotación
Dietas (p)	0.4447 (0.453)	0.8086 (0.098)	0.5966 (0.288)	0.7528 (0.142)
Temperatura (p)		0.0496 (0.937)	0.9330 (0.021)	0.7148 (0.175)
Amperaje (p)			0.3623 (0.549)	0.6951 (0.193)
% Expansión (p)				0.9150 (0.029)

Se empleó la media de los parámetros para el análisis estadístico.

Valores de expansión y flotación expresados en %.

% de flotación no transformados a arc. sen.

N=5 casos por parámetro.

ANALISIS DE COSTOS DE DIETAS EXTRUIDAS.

COSTO ESTIMADO DE ENERGIA ELECTRICA.

Como se muestra en la tabla 36, el costo de energía eléctrica requerido para procesar una tonelada húmeda de alimentos, es un valor intermedio de los costos calculados también para electricidad en el proceso de los coextruidos 60 s:40 p y 50 s:50 p. Este costo no está totalmente en función del contenido de humedad inicial de la mezcla (22.4 %), sino por la adición de otros implementos técnicos necesarios para el proceso de alimentos (unidad motora del cortador, bomba de agua y molino), que aumentan el consumo de energía eléctrica, y por lo tanto el costo del proceso. Se presenta el mismo efecto en el costo estimado por proceso (tabla 38).

Tabla 36.- Costo estimado de energía eléctrica para alimentos extruidos.

Motor	Pot. en HP	KW	Hr Proceso/ Ton	\$/KWH	Total \$/ Ton
*Arranque	50	37.3	4.1	0.186	28.44
Alimentador	1	0.746	4.1	0.155	0.47
Unidad Motora del Cortador	5	3.73	4.1	0.155	2.37
Bomba de Agua	1	0.746	0.55	0.155	0.06
Molino	5	3.73	5.55	0.155	3.21
Mezcladora	50	2.238	0.5	0.155	0.17
Costo\$/Ton					34.74

1 HP= 0.746 kw

costo/kwh= \$0.155 (mes de marzo, proporcionado por CFE, Mty,N.L.)

*Es el costo/kwh + 20 % por arranque del motor

Las horas de proceso /ton. húmeda marcadas para el motor de arranque, el alimentador y la unidad motora del cortador son el tiempo de funcionamiento independiente. Se hizo este desglose para estimar el consumo de energía eléctrica total. Pero las horas de trabajo en el extrusor para procesar una tonelada húmeda es de 4.1 Horas (Tabla 37), sin considerar además el tiempo de mezclado y de molienda.

Tabla 37.- Tiempo de trabajo requerido en cada fase del proceso en extrusor de alimentos flotantes (ton. húm.).

	Dieta
* % Humedad inicial	22.4
Hrs. de proceso en extrusor/Ton. húm.	4.1
Hrs.Mezclado/Ton. Húm.	0.5
Hrs. molienda/Ton.	5.55

* Humedad obtenida después de adicionar 20 % de agua a la mezcla.

A este costo/ton. debe agregarse el costo del secado, que puede ser el mismo para todas las dietas, debido a que la humedad final con que salen del extrusor es muy parecida.

Tabla 39.- Costo de dietas extruidas para bagre.

Ingredientes	Precio/Kg	D1	D2	D3	D4	D5
Pasta de soya	2.36					33.437
Subprod. Carpa Herb.	0.50					18.100
Soya Extruida	3.16	45.000				
Coe 70s:30p	2.48		45.000			
Coe 60s:40p	2.43			45.000		
Coe 50s:50p	2.33				45.000	
Sorgo	1.25	41.700	42.258	42.674	43.379	37.110
Har. Subprod. Anim.	1.10	7.000	7.000	7.000	7.000	6.251
Har. de Sangre	2.00	2.000	2.000	2.000	2.000	1.800
Aceite de Soya	4.50	3.057	2.499	2.083	1.378	2.199
Premix Vitaminico	33.00	0.200	0.200	0.200	0.200	0.180
Premix Minerales	3.60	0.500	0.500	0.500	0.500	0.440
Vit. C	35.17	0.200	0.200	0.200	0.200	0.180
Cloruro de Colina	8.70	0.080	0.080	0.080	0.080	0.070
Antioxidante Redox	5.00	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012
Antifúngico	17.00	0.250	0.250	0.250	0.250	0.220
Totales		100.000	100.000	100.000	100.000	99.999
Costo formula \$/kg		2.40	2.08	2.04	1.97	1.73
Costo formula \$/ton		2402.27	2078.13	2042.11	1974.20	1729.84
Costo de proceso		212.14	212.14	212.14	212.14	212.14
Subtotal (77.64 % MS)		2614.41	2290.27	2254.25	2186.34	1941.98
Costo Total \$/Ton (90 % M.S.)		3030.61	2654.87	2613.12	2534.39	2251.14

Sin embargo, al comparar la dieta que contiene al coextruido 50 s:50 p con una dieta (D6) que tuviera igual inclusión de pasta de soya (38.25 %) y harina de pescado (10 %), observamos que la D4 es un 12 % más barata que la D6 (Tabla 40 y Fig. 41).

Al comparar la D5, que tiene pasta de soya y subproductos de pescado sin procesar, con una dieta (D7) con un equivalente en inclusión de pasta de soya (33.5 %) y harina de pescado (5 %), la D5 resulta un 13 % más barata que la D7. Por lo que, las dietas con 5 y 10 % de harina de pescado (D7 y D6) son más caras que las dietas con subproductos de pescado/pasta de soya y coe 50 s:50 p, respectivamente

Tabla 40.- Comparación de costos de dietas extruidas para bagre, con 10 y 5 % de harina de pescado.

Ingredientes	Precio/Kg	D4	D6	D5	D7
Harina Pescado Proesa	4.00		10.000		5.000
Pasta de soya	2.36		38.250	33.437	33.500
Subprod. Carpa Herb.	0.50			18.100	
Soya Extruida	3.16				
Coe 70s:30p	2.48				
coe 60s:40p	2.43				
Coe 50s:50p	2.33	45.000			
Sorgo	1.25	43.379	44.040	37.110	46.197
Har. Subprod. Anim.	1.10	7.000	1.100	6.251	9.769
Har. de Sangre	2.00	2.000	1.100	1.800	2.000
Aceite de Soya	4.50	1.378	4.267	2.199	2.290
Premix Vitaminico	33.00	0.200	0.200	0.180	0.200
Premix Minerales	3.60	0.500	0.500	0.440	0.500
Vit.C	35.17	0.200	0.200	0.180	0.200
Cloruro de Colina	8.70	0.080	0.080	0.070	0.080
Antioxidante Redox	5.00	0.013	0.013	0.012	0.013
Antifúngico	17.00	0.250	0.250	0.220	0.250
Totales		100.000	100.000	99.999	99.999
Costo formula \$/kg		1.97	2.28	1.73	2.02
Costo Fórmula \$/ton		1974.20	2283.77	1729.84	2023.03
Costo de Proceso		212.14	212.14	212.14	212.14
Subtotal (77.64 % M.S..)		2186.34	2495.91	1941.98	2235.17
Costo total \$/Ton. (90 % M.S.)		2534.39	2893.24	2251.14	2591.00

D6 tiene un 10 % de H. de pescado y 38.25 % de p. de soya = D4 con el 45 % del coe 50s:50 p. D7 tiene un 5 % de H. de pescado y 33.5 % de p. de soya= D5 con 18.1 % de subproductos de pescado y 33.44 % de pasta de soya.

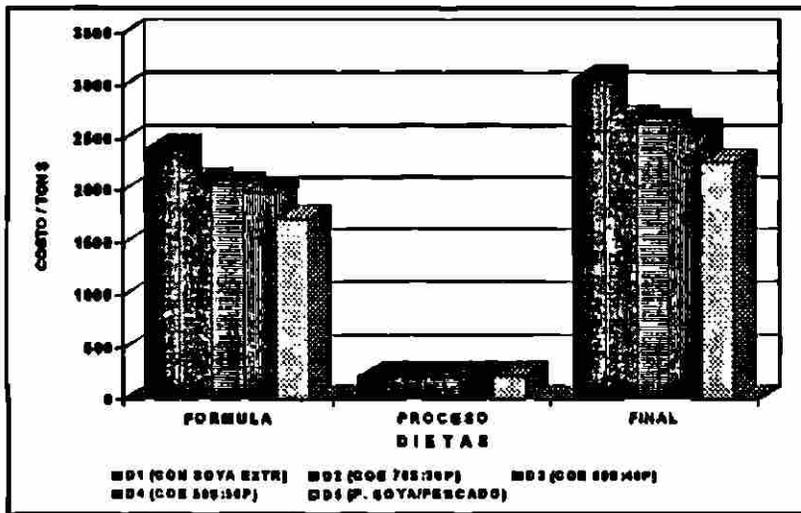


Fig. 40.- Costo/ton. \$ de dietas extruídas para bagre.

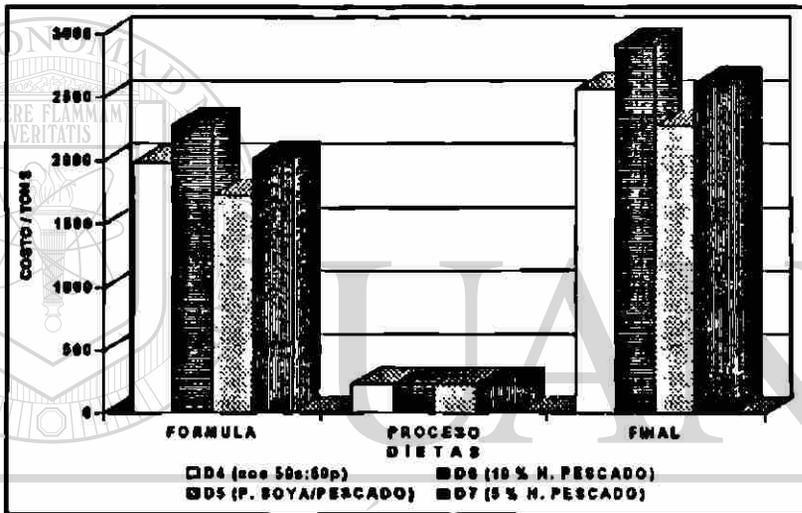


Fig. 41.- Comparación de costos de dietas extruídas para bagre, con 10 y 5 % de harina de pescado

DISCUSIONES

DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR.

Como se mencionó en resultados, fue necesario efectuar 44 pruebas, considerando más variables que en la elaboración de coextruidos. Esta cantidad de ensayos realizados fue debido a que no había una experiencia previa en el tipo de alimentos que deseábamos obtener: pelets expandidos y flotantes.

En lo que se refiere a los anillos de presión, Doud (1994, com. per.) propuso inicialmente emplear 600-10/600-08/600-08/600-08 ($3^{1/2}$ “, $3^{5/8}$ “, $3^{5/8}$ “, $3^{5/8}$ “). Se empleó un dado de 20 orificios de 2 mm c/u (Kiang, 1995, com. Per.), y se adicionaba 12 % de humedad a la mezcla. Previo a extruir la mezcla, se hacía un precalentamiento con frijol de soya hasta 110-120 °C para cocer rápidamente la mezcla y minimizar su pérdida (Harper, 1981; Carver et al, 1989; Botting, 1991; Doud, 1994, com. Per.) y un rango de alimentación de 50-70 rpm, entre otras variables, pero no daba los resultados deseados. Fueron probados todas las variables posibles en el proceso de peletización en el extrusor: humedad de la mezcla, velocidad de alimentación, número de orificios del dado y diámetro, tamaño de partícula de la mezcla, nivel de inyección de agua (lph), temperatura para iniciar el proceso y diversas combinaciones de anillos de presión.

Finalmente las mejores condiciones de proceso se citan en la tabla 28. Se volvió a la configuración de anillos de presión propuesta inicialmente por Doud (*op. Cit.*). Los anillos de presión producen calor por la restricción que hay entre la periferia del anillo y la pared del barril extrusor, lo que produce corte en la mezcla, atrapa el vapor y lo reincorpora en la masa que se está procesando (Cruz, 1993).

El número de orificios del dado de salida fue otra de las variables que definió el éxito del proceso. Al reducir desde 20 orificios a sólo 2 orificios, que mantienen alta presión detrás del dado para prevenir generación prematura de vapor, se aumentó la presión de salida del producto extruído, produciendo expansión (Botting, 1991; Woodroffe, 1993; Doud, 1994, com. Per.; Rokey and Huber, sin año; Miller, 1994), dándole al producto la densidad, textura y apariencia finales, controlando además la capacidad del extrusor (Kearns, 1993; Li and Robinson, 1994; Robinson and Li, 1995). Normalmente los extrusores en seco operan a presiones de 25-40 bar (Woodroffe, 1993).

El grado de molienda (tamaño de partícula) fue otra variable importante. Se usó la malla o tamiz de orificios más pequeño (1 mm), porque los pelets compactaban con más firmeza. Este diámetro equivale a una malla del No. 18 (1000 μ), aunque las harinas molidas tuvieron un tamaño de partícula de 1000-500 μ . Al moler al tamaño más pequeño, se mejorará la estabilidad del pelet en el agua y se aumentará su durabilidad, aunque otros factores son importantes para lograr esto, como el nivel de inclusión de almidones y grasa (Dupree and Huner, 1984). No sólo se mejorará la apariencia física del producto, también se reducirá el desgaste y costos de energía en el extrusor (Botting, 1991). En alimentos hundibles, los fabricantes de alimento hacen una doble molienda a través de una malla 45 USA (0.354 mm) antes de peletizar (Dupree and Huner, 1984). En alimentos para camarón y alevines, el tamaño de malla para molienda debe ser entre

250-420 μ (Botting, 1991; Bigliani, 1993; Woodroffe, 1993.) y 800 μ para peces más grandes (Botting, *op. cit.*).

El % de humedad de las mezclas también constituyó una variable importante en el proceso. Aunque se probaron diferentes humedades, la adición del 20 % a las mezclas (Kiang, 1995, com. per.) dio los mejores resultados. La humedad de la fórmula es un factor importante, ya que la extrusión con baja humedad ocasiona un mayor desgaste en comparación con una extrusión con mayor contenido de humedad (Kearns, 1991, 1993; Miller, 1996). Una humedad óptima reducirá además el consumo de energía por tonelada de producto procesado (Rokey and Huber, sin año; Acosta, 1990; Kearns, *op. cit.*).

Esta humedad penetra en cada una de las partículas de la materia prima, suavizándola y humedeciéndola, lo que aumenta la tasa de transferencia de calor por medio de fricción en cada una de ellas, reduciendo la condición abrasiva del sustrato; ayuda en la gelatinización de almidones y desnaturaliza las proteínas (Kearns, *op. cit.*; Li and Robinson, 1994; Robinson and Li, 1995).

Aunque se adicionó 20 % de agua a las mezclas, la humedad inicial analizada fue de aprox. 22 %, debido a la humedad que aportan los ingredientes, pero además fue inyectada agua durante el proceso en un rango de 10-20 lph para la obtención de pelets expandidos. Es muy probable que el contenido de humedad haya aumentado en su interior a 24-27 % (no fue medido), y que es necesario para obtención de alimentos acuícolas flotantes (Kearns, *op. cit.*; Rokey and Huber, sin año; Kiang, 1995, com. per.), además de que permite altas capacidades, incrementa la retención de nutrientes y define mejor el producto, generando una presión final de 34-37 atm. en el extrusor (Rokey and Huber, *op. cit.*).

En cuanto a la velocidad de alimentación de la mezcla, se inició siempre en 50 rpm, y en cuanto el producto empezaba a salir, se aumentaba rápidamente a 80 rpm, porque fue en este rango cuando se obtuvieron los mejores resultados. El propósito del alimentador es proveer un flujo controlado constante de la mezcla alimenticia hacia el barril extrusor (Kearns, sin año), para asegurar una inyección de agua y un mezclado homogéneo para obtención de buenos productos, además de que influye en los parámetros del sistema tales como la energía mecánica específica y la presión del dado (Choudhury, 1995).

En cuanto a la temperatura para iniciar el proceso, se observó que a 100 °C el producto tenía buen cocimiento y expansión, por lo que antes de cada mezcla se hizo un precalentamiento con frijol de soya hasta 120-130 °C para minimizar la pérdida del producto a extruir (Doud, 1994, com. per.; Botting, 1991) y obtener cocción inmediata. Al hacer el cambio del tornillo de bala por uno de cabeza plana y colocar el cabezal con el portadados y el eje del cortador, la temperatura descendía hasta 110-120 °C, suficiente para iniciar el proceso y lograr gelatinización de almidones, aunque es a menor temperatura (aprox. 70 °C) cuando se da este efecto (Badui, 1993), que será discutido más adelante.

La velocidad del cortador fue determinada de acuerdo a la longitud deseada del pelet, de aproximadamente 0.5 cm. Siempre se inició el proceso con el cortador en velocidad 1, y al salir

los pelets se aumentaba hasta 5 o más, se fuese mostrando su longitud, ajustándolo al tamaño deseado.

ANALISIS QUIMICOS.

ANALISIS BROMATOLOGICO DE MATERIAS PRIMAS.

Ingredientes como pasta de soya y sorgo tuvieron valores de proteína ligeramente más altos a los reportados en NRC (1983). En pasta de soya pudo ser porque se empleó el factor 6.25 para determinar proteína, en lugar de 5.71 (usado comúnmente).

En cuanto a la harina de subproductos animales, dada su heterogénea composición de ingredientes, no hay un ingrediente comparativo para consultarlo en literatura. Resulto alto como fuente de proteína y lípidos. La harina de sangre es muy similar a la reportada en NRC (1983), aunque en composición de lípidos y ceniza es ligeramente más baja.

Para subproductos de carpa herbívora, como se mencionó anteriormente, no hay valores reportados específicos para la especie, sólo en rangos de proteína y lípidos (Tacon, 1989). Al considerarlos en base húmeda, su aporte de proteínas y lípidos es bajo, pero al estimarlos en base seca, su aporte es del 68 y 15 % respectivamente, tomando importancia nutricional por la calidad de ambos nutrientes.

Para coextruidos, como se citó anteriormente, no varía su contenido de proteína, pero el de lípidos si aumenta de acuerdo a la inclusión de subproductos de pescado. Ceniza y fibra se mantienen constantes, y el extracto libre de nitrógeno (ELN) baja en relación a la inclusión de subproductos de pescado.

ANALISIS BROMATOLOGICO DE DIETAS EXTRUIDAS PARA BAGRE.

Al comparar en base seca todos los nutrientes de las dietas, se presentaron diferencias significativas en los mismos ($p < 0.05$), excepto en fibra. Para proteína y lípidos como principales nutrientes la diferencia entre las dietas no es muy grande, encontrándose dentro de los requerimientos nutricionales para bagre (32 % de proteína, no más de 6 % grasa), citados en NRC (1983); Robinson, 1989; Robinson, 1991; Wilson, 1991, 1994; Kiang, 1994, com. per.; Robinson and Li, 1995). El nivel de fibra es considerado óptimo, ya que es bajo, e indigestible para peces (Dupree, 1984; Kiang, *op. cit.*), y es un buen parámetro que puede ser usado para determinar un buen alimento (Kiang, *op. cit.*).

DETERMINACION DE CALCIO Y FOSFORO DE INGREDIENTES Y DIETAS EXTRUIDAS.

En todas las dietas, el nivel de ambos nutrientes es muy superior al requerido por la especie y se encuentra en una relación 1:1. El bagre absorbe calcio del agua, y su requerimiento es del 0.45 % cuando es cultivado en aguas libres de calcio, aunque si lo hay en el agua y la dieta, no es necesario suplementarlo (NRC, 1983; Steffens, 1989; Robinson, 1989; Wilson, 1991, 1994; Robinson and Li, 1995).

Para fósforo, el requerimiento en forma de fósforo disponible es de 0.4-0.5 %. En las dietas, cerca de 1/3 del fósforo vegetal y cerca de 1/2 del fósforo animal es disponible para bagre. Al obtener en las dietas experimentales valores de fósforo superiores al requerimiento de fosforo disponible, y considerando las anteriores observaciones, es posible que se cubra ese requerimiento. Otra observación importante es el balance adecuado de ambos nutrientes, de tal forma que se dispone de menos fósforo en las dietas cuando se carece de calcio (NRC, *op. cit.*; Steffens, *op. cit.*; Robinson, *op. cit.*; Wilson *op. cit.*; Lovell et al ,1978 y Robinson et al, 1986, citados por Davis et al, 1991).

ELABORACION DE DIETAS EXPERIMENTALES.

EXTRUSION DE MEZCLAS.

De manera general, las mezclas extruídas tuvieron el mismo comportamiento durante su elaboración, obteniéndose en todas las dietas (excepto D1 y D2) las condiciones físicas y tecnológicas esperadas, como se discutirá más adelante. En una de las pruebas preliminares efectuadas durante el proceso de estandarización de las dietas, se observó la importancia de usar el mismo ingrediente de lotes diferentes en una mezcla, y la variación en el resultado final en el proceso de extrusión, mostrando que las propiedades reológicas del ingrediente en cuestión y las condiciones durante la extrusión influyen sobre la naturaleza del producto (Fellows, 1994).

Siguiendo con lo anterior, en otras pruebas efectuadas se mostró la importancia del nivel de inclusión de harinas con proteína animal en la textura final del producto. Cuando se incluía harina de sangre en un 5 y 3 % el pelet no expandía, o no tenía suficiente adhesión o compactación, soltando demasiados finos. Esto es debido a que las harinas con proteína animal generalmente no contribuyen estructuralmente en los alimentos acuáticos cocidos por extrusión, porque no expanden o combinan con otros ingredientes en la misma manera que los ingredientes almidonosos o proteínas vegetales. Esto se debe principalmente al alto grado de proceso termal que han recibido en su preparación (Rokey and Huber, sin año).

PARAMETROS FISICOS REGISTRADOS.

TEMPERATURA Y AMPERAJE.

Uno de los parámetros más importantes del proceso de extrusión, además de la presión, diámetro y número de orificios del dado y la tasa de corte en el barril extrusor, es la temperatura (Fellows, 1994), generada por la fricción y presión dentro del barril cuando la mezcla pasa a través de las restricciones crecientes de los anillos de presión, que sumado al efecto de la humedad del producto y la inyectada al barril, produce cocción del producto (Kiang, 1993, 1994), durando el proceso menos 30 s (Kiang, *op. cit.*, Said, 1992).

En el presente trabajo, el rango de temperaturas del proceso fue desde 100 hasta 111 °C, estando un poco por debajo de las temperaturas requeridas para alimentos extruídos flotantes en este extrusor (Kiang, 1995, com. per.) quien cita temperaturas de 120-132 °C para mezclas con 20 % de humedad, adicionándole 4 % por inyección de agua dentro del barril. Rokey y Huber (sin

año) menciona que se requieren temperaturas de 125 a 138 °C, y una presión de 34 a 37 atm. en el dado del extrusor, además de una humedad del 25-27 %. Aunque Dupree y Huner (1984) considera un rango de temperatura más amplio para lograr tal efecto, desde 107-155 °C, y presiones de 5 a 7 Kg/cm², por lo que al considerar las temperaturas de nuestras dietas (tabla 32), se encontrarían dentro del límite requerido.

Con las temperaturas obtenidas, excepto para la D1 y D2, se lograron la expansión y flotación deseada, como será discutido más adelante. Para la dieta 2 se obtuvo la temperatura más baja (100 °C), siguiendo la dieta 1 (105 °C), que fueron las que expandieron y flotaron menos, aún cuando les fue agregada la misma cantidad de humedad (20 %) y las mismas condiciones de proceso. La razón de la más baja temperatura en la D2 fue que en uno de los replicados se inició a los 98 °C, en lugar de los 105-110 °C que se tenían previstos, y además la inyección de agua de 0 - 20 lph contribuyó a descender esa temperatura a un poco menos de 100 °C. Aunque en la D5 se inyectó la misma cantidad de agua, se inició el proceso alrededor de los 110 °C.

Dentro de la importancia de la inyección de agua (lph) se dosificó de acuerdo a las características físicas que fue presentando el producto, en un rango de 0-20 lph, por lo que hubo dietas (D1, D3 y D4) que requirieron sólo 15 lph. Este comportamiento fue definido por las propiedades reológicas de cada mezcla, de tal manera que las características del material a extruir ejercen una influencia importante sobre la textura y el color del material extruído, y las más importantes son: el contenido de agua, el estado físico de los componentes y su composición química (en especial, el contenido y tipo de almidones, proteínas, grasas y azúcares) (Fellows, 1994), que tuvieron variación en el nivel de aceite, sorgo (mínimo) y de la inclusión de subproductos de pescado en el coextruído.

Para lograr mayores temperaturas de cocción a las obtenidas en este estudio, pueden seguirse varias recomendaciones: a) Uso de anillos de presión (steamlocks) de mayor tamaño; b) uso de tornillos de doble alabe para mayor fricción; c) razón grasa-humedad. Una vez que se tiene la combinación correcta de anillos de presión, tornillos y orificios de salida, como la temperatura varía debido a las variaciones de calidad de los materiales, la temperatura deseada puede alcanzarse variando el contenido grasa-humedad. A mayor grasa y menor humedad, bajará la temperatura y viceversa. d) tamaño y número de los orificios de salida. A menor tamaño y menor número de orificios, mayor temperatura de proceso y viceversa (Triple "F" Inc., sin año).

El amperaje se puede considerar sólo como un estimador del grado de fricción que experimentan las mezclas en proceso y del consumo de energía eléctrica, que a baja humedad en las mismas se puede esperar un mayor desgaste de las piezas del tornillo (Miller, 1996) y un mayor consumo de energía eléctrica (Kearns, 1991, 1993; Rockey and Huner, sin año). En este trabajo, el amperaje medio fue de 60 amperes, que se puede considerar óptimo, tomando en cuenta la humedad con que se procesan las mezclas (22 %) y lo citado anteriormente.

HUMEDAD GANADA.

La humedad inicial de las mezclas (22 %) se mantuvo dentro de la humedad recomendada para el proceso (Woodrooffe, 1993; Kiang, 1995, *com. per.*), aunque con la inyección de agua al

barril del extrusor, muy probablemente la humedad se incrementó en un 24-27 %, suficiente para lograr alimentos flotantes (Kearns, 1991, 1993; Rokey and Huner, sin año; Robinson, 1991; Woodrooffe, *op. cit.*; Li and Robinson, 1994; Robinson and Li, 1995; Kiang, *op. cit.*), de tal forma que la humedad final resulta ligeramente más alta que la inicial, ya que no hubo pérdida de la misma, debido a que la temperatura de proceso no fue muy alta.

Robinson (*op. cit.*), Li y Robinson (*op. cit.*) y Robinson y Li (*op. cit.*) menciona que se debe perder cerca de un 2 % por efecto de flash off y enfriamiento evaporativo, pero que se requiere un secado adicional, porque los alimentos contienen 20 % o más humedad saliendo del extrusor (Rokey y Huner, sin año), requiriendo un secado de alrededor de 30 minutos, y temperaturas de 135-150 °C. Por lo que esta humedad final concuerda con las humedades finales obtenidas en nuestras dietas.

Un secado rápido es importante para minimizar el colapso, por lo que el vapor debe ser reemplazado por aire. Un grado de porosidad es necesario para que esto suceda. Si no hay porosidad, el vacío dentro de las células achatará la estructura expandida (Miller, 1994).

EXPANSION DE PELETS.

La expansión de los pelets de las 5 dietas presentó diferencias altamente significativas, mostrando que D1 (con soya extruída) y D2 (con coe 70 s:30 p) tuvieron los valores más bajos, sobre todo la D2. Esta diferencia pudo ser debida a las temperaturas en que fueron procesadas ambas dietas (Tabla 32) y que son inferiores a las temperaturas recomendadas para expansión de pelets, de 107 °C (Dupree y Huner, 1984), aunque hay rangos más altos, desde 125-138 °C (Rokey y Huner, sin año), 120-132 °C (Kiang, 1995, *com. per.*). La temperatura es importante porque altera la viscosidad, la cual disminuye cuando se incrementa la temperatura (Miller, 1994), obteniendo una alta correlación entre la expansión y la temperatura de proceso, aunque existen otros factores importantes, además de la temperatura, que influyen en la expansión de los pelets: % de humedad de la mezcla, % de inclusión de almidón en la dieta, grado de molienda de los ingredientes (tamaño de partícula), grasa (Said, 1992) y datos de orificios pequeños (Miller, 1994)

La humedad es un reactante que ayuda en la gelatinización de almidones y desnaturaliza las proteínas (Miller, *op. cit.*, Kearns, 1991, 1993) y que tiene un profundo efecto sobre el grado de expansión y apariencia del producto (Botting, 1991), considerando humedades óptimas de entrada de 20-22 % y después aumentada por inyección de agua al barril hasta ajustar un rango del 24-27 % (Kearns, 1991, 1993; Rokey y Huner, sin año; Woodrooffe, 1993; Kiang, 1995, *com. per.*), lo que al parecer fue logrado en este trabajo considerando que la humedad inicial de las mezclas fue del 22 % (aprox.) más la humedad inyectada, es muy probable haber alcanzado esos niveles (24-27 %), de acuerdo a los productos obtenidos).

El % de inclusión de sorgo (arriba del 40 %) como única fuente de almidón, fue suficiente para lograr la expansión del producto. Esto concuerda con lo reportado por Woodrooffe (*op. cit.*) y Rokey y Huner (*op. cit.*), quienes mencionan que se requieren niveles del 20 % o más

para producir pelets flotantes, de tal forma que la mayor inclusión de almidón en la fórmula facilita este proceso (Said, 1992; Woodroofe, *op. cit.*).

En cuanto al grado de molienda (tamaño de partícula), una molienda fina de los almidones facilita la gelatinización y expansión (Said, *op. cit.* Woodroofe *op. cit.*). Esto fue mostrado en la molienda hecha a los ingredientes de las dietas, empleando el tamiz de orificios más pequeño (1 mm=1000 μ).

El nivel de grasa en la mezcla extruída tiende a retardar la expansión, parcialmente porque actúa como un lubricante y porque se acompleja con los almidones, inhibiendo la formación de gel característica de este material, reduciendo la compactación del pelet (Dupree y Huner, 1984; Said, *op. cit.*; Woodroofe, *op. cit.*). En las dietas elaboradas, el nivel de grasa se mantuvo entre 4 y 5 %, encontrándose dentro de los límites recomendados para adecuada expansión, de tal forma que 6 % o menos de grasa son adecuados para tal fin, resultando en alimentos hundibles al exceder este nivel en la formulación (Dupree y Huner, *op. cit.*; Said, *op. cit.*; Woodroofe, *op. cit.*).

Por otro lado, el % de expansión obtenido fue superior al 30 %, excepto para la D2, pero no concuerda con Kearns (1993), quien cita que los alimentos flotantes al salir del dado se expanden de 125-150 % del tamaño original. Esto pudo ser debido a que tal vez no se generó la presión y temperaturas requeridas para el proceso, o que en el valor reportado se empleó un extrusor de doble tornillo, que presenta un preacondicionador de vapor, que facilita la expansión del producto final.

Por lo que el proceso de gelatinización (considerando los anteriores puntos) se da cuando el agua entra a los gránulos de almidón nativo (formado de amilosa y amilopectina), rompiendo la cristalinidad de la amilosa e interfiriendo con su estructura ordenada, de tal forma que el volumen del gránulo puede llegar a incrementarse de 25 a 30 veces. Al ir aumentando la temperatura, las moléculas de amilosa empiezan a difundirse fuera del gránulo. Al proseguir la gelatinización, los gránulos se abren y más moléculas de agua se unen a los grupos hidroxilos expuestos de las cadenas de almidón, obteniendo una estructura coloidal de gel con la amilosa, soportando los gránulos colapsados que contienen básicamente amilopectina (estado viscoso elástico) (Botting, 1991; Said, 1992; Woodroofe, 1993; Kearns, 1993; Badui, 1993; Remsen y Clark, 1978, Harper, 1982, citados por Quintero, 1993).

En este punto, la mezcla supercalentada es entonces forzada a través de un dado (de 3 a 6 mm de diámetro en alimentos para bagre), localizado al final del extrusor. Entonces una repentina reducción en la presión resulta en la vaporización de parte del agua en la mezcla y el pelet expande, incrementado drásticamente su volumen (Robinson 1991; Kiang, 1993; Woodroofe, 1993; Rokey y Huber, sin año; Miller, 1994; Fellows, 1994; Li y Robinson, 1994; Robinson y Li, 1995).

FLOTACION.

FLOTACION.

El % de flotación obtenido también varió significativamente, obteniendo el valor más bajo para la dieta 2, observándose una alta correlación con el % de expansión de las dietas y la temperatura de proceso, por lo que la dieta 2, al estar menos expandida, tiene menor flotación (más densidad), siguiéndole en flotabilidad la D1, D3, D4 y D5.

La D3, D4 y D5, aún cuando presentan el mismo grado de expansión, no presentan el mismo nivel de flotación, esto es que algunos pelets tuvieron mayor o menor densidad. Una de las razones pudo ser debido a que tuvieron fluctuaciones en la adición de agua al barril (lph), desde que hubo inyección de 0-20 lph durante el proceso, adquiriendo densidades superiores a los 550 g/l. Entre 550-650 g/l hay parcial flotación. Abajo de este nivel (550 g/l) todos los productos flotan (Botting, 1991). Kearns (1991, 1993) y Rokey y Huber (sin año) citan para esta característica densidades en el orden de 320-400 g/l.

Otra causa pudo ser la tasa de alimentación de la mezcla, la cual fluctuó desde 50 a 90 rpm, y que fue modificada de acuerdo a las características del producto obtenido. Además, cualquier fluctuación en la presión del agua puede traer estos resultados (Botting, 1991; Woodroffe, 1993).

ANALISIS DE COSTOS DE DIETAS EXTRUIDAS.

El costo de energía eléctrica requerido para procesar una tonelada húmeda de mezcla resultó como un costo intermedio de los coextruidos 60 s:40 p y 50 s:50 p, debido a que se agregó el costo de consumo de energía de otros implementos requeridos para extruir alimentos peletizados, como la unidad motora del cortador, la bomba de agua y el molino, presentándose la misma tendencia en el costo del proceso.

En cuanto al costo total por cada dieta (Tabla 39), dentro de las dietas con coextruidos el costo desciende cuando se aumenta la inclusión de subproductos de pescado en el coextruido, debido a que es mucho más barato (80 %) que la pasta de soya, resultado más barata la dieta con coe 50 s:50 p (D4), y ésta un poco más cara que la dieta con pasta de soya y subproductos de carpa herbívora (D5), debido a que estos ingredientes no tienen un proceso adicional y son incluidos crudos. La dieta con soya extruída (D1) presenta el costo más elevado de las 5 dietas, aún más que una dieta con harina de pescado incluida en un 10 %, debido sobre todo al costo de la pasta de soya y al proceso de extrusión para incluirla como ingrediente, de tal forma que mediante una evaluación nutricional con buenos resultados y una razón costo-beneficio excelente, se justificaría su utilización en cultivo de bagre, como se discutirá más adelante.

Al comparar las dietas más baratas (D4 y D5) con dietas equivalentes en las que se sustituyen los subproductos de pescado por harina de pescado (D6 y D7 para esta comparación) en la misma inclusión en materia seca (10 y 5 % resp.), éstas resultan aún más caras que cuando no se incluye harina de pescado, por su alto costo, aunque la dieta con 5 % de harina de pescado tiene un costo equivalente a la D3 con el coe 60 s:40 p, que presenta un nivel de inclusión de subproductos de pescado en materia seca de 7 %, por lo que sería interesante evaluar nutricionalmente desde este punto de vista.

CONCLUSIONES.

En lo referente a los parámetros de procesamiento en el extrusor se concluye una parte en fase I.

La expansión de los pelets es debido a la rápida disminución de la presión en cuanto el producto sale del barril extrusor, y por vaporización de parte del agua en la mezcla, y es determinada por :

☛ El diámetro y número de dados de salida. A menor cantidad y menor diámetro, mayor es la presión de salida y mayor la expansión del pelet. Se obtuvo el mejor resultado con el menor número de orificios usado: 2 orificios de 4.5 mm de diámetro.

☛ Depende de la cantidad de almidón que contenga: Se recomienda un mínimo de 20 %, aunque este nivel es para extrusores más sofisticados. Para el extrusor Insta-Pro 600 JR , niveles superiores al 35 % da buenos resultados, aunque deben combinarse otras características en el proceso.

☛ La temperatura de proceso: un mínimo de 120 °C, aunque en nuestro trabajo obtuvimos buenos resultados con 107 °C.

☛ De la presión generada la cantidad de humedad en el material que se va a extruir: presiones de 5-7 Kg/cm², y humedad inicial del 22 % (20 % de agua adicionada para ingredientes secos) y el resto inyectado en el barril del extrusor hasta ajustar la humedad de 24-27 %. La dosificación va desde 0-20 lph.

☛ Se requieren pelets de densidades inferiores a 550 g/l para máxima flotación.

☛ El grado de geletinización de sus almidones. Este último punto no se investigó en el presente trabajo.

Se requiere además un flujo de alimentación de la mezcla controlado y constante para asegurar homogeneidad en la inyección de agua y mezclado, para la obtención de buenos productos.

A mayor inclusión de subproductos de pescado en el coextruído, baja el costo de la dieta, resultando una opción factible económicamente, si se mantendrán los ingredientes almacenados por exceso de subproductos de pescado. Aunque la inclusión de subproductos de pescado húmedos es la opción más económica, si se compara con dietas con igual nivel de inclusión de harina de pescado (dieta comercial).

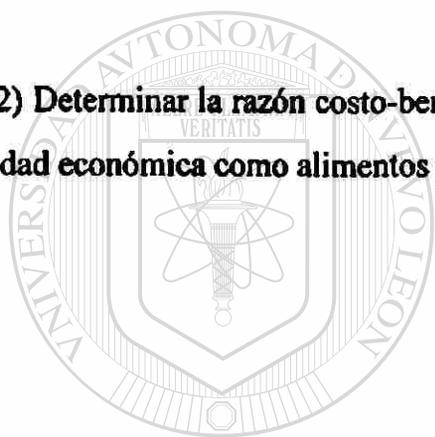
☛ El proceso de extrusión adicional a la pasta de soya eleva tanto el costo del producto, que no parece en primera instancia factible económicamente como ingrediente en dietas acuícolas. Su razón costo-beneficio se evalúa en un bioensayo nutricional, que se discute en la fase 3.

FASE III.- EVALUACION NUTRICIONAL.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1) Determinar el efecto nutricional en bagre de las dietas extruídas, en base a su ganancia de peso, tasa de conversión alimenticia (TCA), tasa de sobrevivencia y tasa de eficiencia proteica (PER).

2) Determinar la razón costo-beneficio de las dietas extruídas para bagre, para conocer su factibilidad económica como alimentos para acuacultura.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MATERIAL Y METODOS.

DIETAS EXPERIMENTALES.

FORMULACION Y COMPOSICION DE LAS DIETAS.

Como se mencionó en material y métodos de la fase II, las dietas fueron formuladas en el programa Mixit 2, para reunir los requerimientos nutricionales marcados por NRC (1983), Robinson (1989) y Wilson (1992). La composición de las dietas se muestra en la Tabla 26 (Mat. y Mét. II). Pero además se formuló una dieta adicional conteniendo un doble coextruido de camarón (c) y pasta de soya (s), aprovechando su disponibilidad, siendo elaborado por la Ing. Alma Laura Melo de la siguiente manera:

1.- Se elaboró un coextruido sencillo con 32 c:68 s (cabezas de camarón y pasta de soya respectivamente). Las cabezas de camarón molidas procedían de la empresa AQUATAM, de Altamira, Tamps., y fueron transportadas hasta Monterrey en hieleras. Se coextruyó bajo las mismas condiciones que los coextruidos de soya y pescado.

2.- Se elaboró un segundo coextruido, mezclando un 68 % del coextruido anterior, y un 32 % de cabezas de camarón, procesándolo en las mismas condiciones, quedando como sigue: 32 c:68 [32 c:68 s].

3.- Este último ingrediente fue incluido en la fórmula en un 45 % al igual que el resto de los coextruidos, por presentar un nivel de proteína muy parecido (base seca). El aporte en materia seca del camarón en 45 % de inclusión del doble coextruido es de un 10 %. Todos los demás ingredientes tuvieron la misma inclusión, excepto el aceite de soya (2.81 %) y sorgo (41.5 %). La composición de la dieta se muestra en la tabla 41.

Tabla 41.- Composición de dieta 6 (D6) para bagre con doble coextruido de camarón y soya.

INGREDIENTE	% INCLUSION
	D6
Doble coextruido 32 :68 [32c:68s]	45.000
Sorgo	41.949
Har. Subprod. Anim.	7.000
Har. de sangre	2.000
Aceite de soya	2.808
Premix Vit. ^a	0.200
Premix Min. ^a	0.500
Vit. C ^a	0.200
Cloruro de colina ^a	0.080
Antioxidante Redox	0.013
Antifúngico	0.250

^aSu composición se muestra en la tabla 26 .

Se probó además una dieta comercial para bagre (D7) marca "As", que fue proporcionada por el Campo Agrícola Experimental del ITESM, en el lugar donde se efectuó el bioensayo. La composición de la dieta 7 en ingredientes, según la etiqueta, es la siguiente: sorgo, harina de carne y heso, harina de pescado, salvado de trigo, pasta de soya, harina de alfalfa, gluten de maíz, trigo, maíz amarillo, aceite vegetal y/o de pescado, ortofosfato, carbonato de calcio, cloruro de sodio, metionina, lisina, premix de vitaminas, premix de minerales, antioxidante BHT.

PREPARACION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

El proceso de elaboración se describe en la Fase II de este trabajo.

COMPOSICION PROXIMAL DEL DOBLE COEXTRUIDO CAMARON-SOYA.

Para analizarlo se emplearon los métodos de la AOAC (1990), descritos en la Tabla 1, de Material y Métodos de la Fase I.

ANALISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

Todas las dietas fueron analizadas en el Laboratorio de Maricultura de la Facultad de Ciencias Biológicas, mediante los métodos de la AOAC (1990) (Tabla 1). El análisis proximal de las dietas 1 a 5 se presentan en la tabla 30. El análisis de las dietas 6 y 7 se muestran en resultados en la Tabla 44.

BIOENSAYO.

ELABORACION DE JAULAS.

El bioensayo fue efectuado por Daniel Iruegas como parte de su tesis de licenciatura, en jaulas cilíndricas flotantes, fabricadas con red plástica, de 0.5 m de diámetro y 1.20 m de altura. Las jaulas fueron colocadas en un estanque de 20 x 50 m, y 1 m de profundidad, dentro de un marco de madera, para evitar que se dispersaran en el agua. Para esto se empleó uno de los estanques facilitados por el Campo Agrícola Experimental del ITESM, en Apodaca, N.L.

CARACTERISTICAS DE LOS ANIMALES.

Para realizar el bioensayo se emplearon bagres juveniles, con un peso promedio de 23.40 g y una talla de 12.6 cm, que fueron donados por Acuacultivos Mexicanos, S.A. de C.V., en Abasolo, Tamps., y traídos hasta Monterrey en un transportador, al que se le agregó hielo para bajar el metabolismo de los peces, y agitadores para asegurar adecuada oxigenación del agua.

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS.

Se determinó diariamente en el agua la temperatura, pH y Oxígeno disuelto El rango en que variaron dichos parámetros se muestran en la Tabla 42 .

Tabla 42.- Parámetros físico-químicos registrados durante el bioensayo.

Parámetro	Rango	Media
Temp. °C	18-25.5 °C	22.35 °C
Oxígeno	5-13 ppm	8.71 ppm
pH	7.2 - 7.6	7.45

DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se colocaron 12 peces por jaula, con un peso promedio de 23.40 g, y una talla promedio de 12.6 cm. Se alimentaron diariamente durante 48 días. La tasa de alimentación varió del 3 al 2 %, según su comportamiento alimenticio. Cada tratamiento se corrió con 3 replicados. Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente en las jaulas; diariamente se registró consumo de alimento, y cada 15 días se pesaron los peces para ajustar la dieta.

EVALUACION BIOLOGICA.

Al final del bioensayo se determinó la ganancia en peso en % (incremento en peso), consumo de alimento, tasa de conversión alimenticia (TCA), sobrevivencia (S) y Tasa de Eficiencia Proteica (PER), mediante las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ de Ganancia en Peso} = \frac{\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}}{\text{peso inicial (g)}} \times 100$$

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

$$\text{Tasa de sobrevivencia} = \frac{\text{No. final de animales}}{\text{No. inicial de animales}} \times 100$$

$$\text{Tasa de Eficiencia Proteica} = \frac{\text{peso ganado}}{(\text{Alimento consumido})(\% \text{ Prot. B.H.})} = \frac{1}{(\text{TCA})(\% \text{ Prot. B.H.})}$$

B.H.= Base húmeda.

ANALISIS ESTADISTICO.

Para determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos en los parámetros biológicos evaluados, se realizaron análisis de varianza de una vía (Anova) y pruebas de comparación múltiple de Duncan, a un nivel de significancia de 0.05, por medio de una computadora, con el programa SPSS 5.0 para Windows.

COSTOS.

COSTO DEL DOBLE COEXTRUIDO DE CAMARON Y PASTA DE SOYA.

Para estimar este costo, se consideraron las mismas variables que para la elaboración de los coextruidos de pasta de soya y pescado. Se tomó como base el coe 70s:30p para las horas de proceso requeridas para una tonelada (Ver tabla 21, 22 y 23), por su contenido de humedad inicial (26.05 %) aproximado al del coextruido 32 c:68 s (29.44 %), ésto considerando una humedad de 75 % para las cabezas de camarón (c) y 8 % para la pasta de soya (s).

Primero se estimó el costo del coextruido sencillo 32 c:68 s. A partir de este costo se calculó el del doble coextruido, considerando un 32 % de cabezas de camarón y 68 % del coextruido sencillo, ambos aportan la misma humedad final que el coextruido sencillo (29.44 %).

COSTO TOTAL DE PROCESO DE DIETA CON DOBLE COEXTRUIDO.

Se consideraron las mismas variables que para los alimentos con coextruidos soya/pescado (Ver Tabla 36, 36 y 39).

COSTO/KG DE BAGRE PRODUCIDO CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

Se determinó la relación costo-beneficio, de acuerdo a la TCA obtenida en el bioensayo y el costo de las dietas elaboradas.

RESULTADOS.

DIETAS EXPERIMENTALES.

COMPOSICION PROXIMAL DE DOBLE COEXTRUIDO CAMARON-SOYA.

La composición proteica del doble coextruido (52.83 %) (Tabla 43) fue ligeramente más alta que la de los otros coextruidos (Tabla 10), aunque el nivel de grasa fue el más bajo. Asimismo, el % de calcio es bastante alto comparado a los otros coextruidos. Esto, por la doble adición de cabezas de camarón al coextruido.

Tabla 43.- Composición proximal (%) del doble coextruido 32 c:68 [32 c:68 s].

Coextruido	Humedad	Proteína	Lípidos	Ceniza	Fibra	ELN	Ca	P
32 c : 68 [32 c:68 s]	5.48	52.43	1.60	7.92	3.31	34.54	3.71	0.81

Valor de coextruido reportado en base seca (B.S.).

El factor de conversión de proteína fue 6.25.

ANALISIS PROXIMAL DE DIETAS EXPERIMENTALES.

En la Tabla 30, de Fase II, se muestra la composición proximal de las dietas 1 a 5. En la Tabla 44 se muestra la composición de las dietas 6 y 7 (D6 y D7). El aporte en materia seca de camarón y soya extruida para la dieta D6 es de 10.80 y 34.19 respectivamente.

Tabla 44.- Composición proximal de D6 y D7 para bagre.

DIETA	Humedad	Proteína	Lípidos	Ceniza	Fibra	ELN	Ca	P
D6	6.26	33.20	5.93	6.19	2.55	52.13	0.89	0.65
D7	6.15	31.98	3.83	5.71	2.08	56.40	0.58	0.79

Ingredientes reportados en base seca.

D6= Dieta con doble coextruido camarón-soya. D7= Dieta comercial "As".

Factor de conversión de proteína= 6.25

Como se puede observar, el contenido en proteína de la D6 es ligeramente más alto que el de la D7, aunque de manera general, el rango de proteína de todas las dietas (D1-D7) va desde 31.98 - 34.92 %, y el contenido de lípidos va desde 3.83 a 5.93 % (Tabla 30 y 44).

BIOENSAYO.

EVALUACION BIOLOGICA A LOS 20, 34 Y 48 DIAS.

Los resultados promedio de la evaluación biológica a los 20, 34 y 48 días, se muestran en las tablas 45, 46 y 47, respectivamente.

A los 20 días del bioensayo se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en casi todos los parámetros biológicos evaluados (Tabla 45, figs. 42, 43, 44, 45 y 46), excepto en consumo de alimento y sobrevivencia ($p > 0.05$). Se obtuvieron los mejores incrementos en peso en %, TCA (valores más bajos) y PER (valores más altos) con las dietas 4,5 y 7, y los peores valores para la D1,

Tabla 45.- Valores promedio de la evaluación biológica a los 20 días.

Parámetro	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	P Anova
*Peso Inicial (g)	23.49	23.71	23.04	23.13	23.55	23.85	23.05	0.9525
DS	3.52	4.14	4.18	3.32	3.68	4.1	3.96	
*Peso final (g)	26.05 a	26.93 ab	26.72 ab	28.52 b	28.37 ab	27.04 ab	29.11 b	0.0440
DS	3.87	4.33	4.82	4.45	3.97	4.66	5.53	
*Peso gan. (g)	2.56 a	3.22 ab	3.83 ab	5.39 ab	4.97 ab	3.19 ab	6.06 b	0.1238
DS	5.54	6.61	6.20	4.51	5.67	5.52	7.58	
*Peso gan. (%)	10.91 a	16.39 abc	16.06 abc	23.29 cd	20.65 bcd	13.40 ab	26.22 d	0.0064
DS	4.30	1.19	4.47	4.27	6.79	4.17	2.30	
*Consumo (g)	5.82 ab	7.21 b	5.39 ab	4.30 a	4.86 a	5.92 b	5.70 ab	0.0954
DS	0.49	1.37	0.76	1.25	0.78	0.65	1.56	
*TCA	2.59 b	1.87 ab	1.59 ab	0.80 a	1.05 a	1.94 b	1.02 a	0.0379
DS	1.28	0.44	0.74	0.21	0.24	0.45	0.18	
*Sobreviv. (%)	100 a	100 a	97.22 a	100 a	97.22 a	100 a	100 a	0.5638
DS	0.0	0.0	4.81	0.0	4.81	0.0	0.0	
*PER	1.44 a	1.73 a	2.16 ab	4.16 c	3.11 bc	1.72 a	3.33 bc	0.0020
DS	0.58	0.48	0.80	1.01	0.76	0.46	0.64	

D1=c/soya extruida, D2= c/coe 70s:30p, D3=c/coe 60s:40p, D4=c/coe 50s:50p, D5=c/pasta de soya y pescado crudo, D6=c/doble coe camarón:soya, D7=Dieta com. "As".

Se emplearon 3 replicados con 12 animales c/u.; ^an=252 datos; ^bn=250 datos; ^{*}n=21 casos.

Letras diferentes denotan diferencias significativas en $p < 0.05$.

A los 34 días del bioensayo no se encontraron diferencias significativas en la sobrevivencia ($p>0.05$) (Tabla 46 y Fig. 45), pero sí en los demás parámetros biológicos evaluados ($p<0.05$). Los mejores valores de ganancia en peso en %, TCA y PER fueron también para las dietas 4,5 y 7 (Tabla 46 y Figs. 42, 44y 46). El menor consumo de alimento fue para la D4 y el mayor consumo para la D2 (Fig. 43). En este caso, fueron las dietas 1 y 2 las que presentaron la TCA más alto y el PER más bajo.

Tabla 46.- Valores promedio de la evaluación biológica a los 34 días

Parámetro	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	P Anova
*Peso Inicial (g)	23.49 a	23.71 a	23.04 a	23.13 a	23.55 a	23.85 a	23.05 a	0.9525
DS	3.52	4.14	4.18	3.32	3.68	4.1	3.96	
*Peso final (g)	28.51 a	29.87 ab	30.20 ab	33.12	32.41	30.26 ab	33.96	0.0004
DS	4.12	4.62	6.54	5.67	4.94	5.60	7.73	
*Peso gan. (g)	5.11 a	6.16 ab	7.34 abcd	9.99 cd	9.01 bcd	6.41 abc	10.90 d	0.0052
DS	6.09	5.84	8.97	6.22	6.40	7.07	9.28	
*Peso gan. (%)	21.34 a	25.97 ab	31.12 bc	43.17 de	37.70 cd	26.92 ab	47.22 e	0.0000
DS	4.30	2.73	2.46	4.19	4.09	5.88	6.64	
*Consumo (g)	12.06 abc	15.24 c	10.69 ab	7.98 a	9.36 ab	12.27 bc	11.02 ab	0.0265
DS	1.38	3.29	1.20	1.89	1.86	1.49	3.06	
*TCA	2.44 d	2.45 d	1.49 b	0.79 a	1.05 a	1.95 c	0.99 a	0.0000
DS	0.29	0.30	0.09	0.15	0.10	0.24	0.11	
*Sobreviv. (%)	97.22 a	100 a	97.22 a	100 a	97.22 a	100 a	100 a	0.6781
DS	4.81	0.0	4.81	0.0	4.81	0.0	0.0	
*PER	1.34 a	1.28 a	2.05 b	4.12 d	3.03 c	1.67 ab	3.37 c	0.0000
DS	0.17	0.17	0.13	0.77	0.31	0.22	0.34	

D1=c/soya extruída, D2= c/coe 70s:30p, D3=c/coe 60s:40p, D4=c/coe 50s:50p, D5=c/pasta de soya y pescado crudo, D6=c/doble coe camarón:soya, D7=Dieta com. "As".
 Se emplearon 3 replicados con 12 animales c/u.; *n=252 datos; ^bn=249 datos; *n=21 casos.
 Letras diferentes denotan diferencias significativas en $p<0.05$.

A los 48 días del bioensayo no fueron encontradas diferencias significativas ($p > 0.05$) en sobrevivencia (Tabla 47 y fig. 45), pero sí en los demás parámetros biológicos evaluados ($p < 0.05$). Los valores de ganancia en peso en %, TCA y PER siguieron la misma tendencia que en las 2 etapas anteriores del bioensayo, presentándose los mejores valores para las dietas 4,5 y 7 (Tabla 47 y fig. 42, 44 y 46). Los peces alimentados con las dietas 1 y 2 nuevamente presentaron la TCA más alta y el PER más bajo.

Tabla 47.- Valores promedio de la evaluación biológica a los 48 días.

Parámetro	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	P Anova
*Peso Inicial (g) DS	23.49 a 3.52	23.71 a 4.14	23.04 a 4.18	23.13 a 3.32	23.55 a 3.68	23.85 a 4.1	23.05 a 3.96	0.9525
^b Peso final (g) DS	29.55 a 4.11	31.23 a 5.53	32.01 abc 7.11	34.50 bc 5.80	34.48 bc 6.18	31.37 ab 5.97	34.94 c 8.37	0.0012
^c ^b Peso gan. (g) DS	6.15 a 5.62	7.67 ab 8.25	9.15 abc 9.47	11.37 bc 6.70	11.08 bc 7.38	7.52 ab 7.44	11.96 c 9.54	0.0102
*Peso gan. (%) DS	25.81 a 1.05	31.70 ab 2.56	38.94 bc 4.06	49.1 d 5.60	46.54 cd 4.01	31.59 ab 5.17	51.46 d 8.53	0.0001
*Consumo (g) DS	15.70 bc 1.42	20.03 c 3.64	14.64 ab 1.40	10.37 a 2.08	12.66 ab 2.23	16.12 bc 2.1	14.38 ab 4.26	0.0173
*TCA DS	2.60 d 0.29	2.68 d 0.51	1.63 b 0.01	0.90 a 0.08	1.15 a 0.12	2.15 c 0.19	1.19 a 0.13	0.0000
*Sobreviv. (%) DS	97.22 a 4.81	97.22 a 4.81	97.22 a 4.81	100 a 0.0	97.22 a 4.81	100 a 0.0	94.64 a 9.28	0.8559
*PER DS	1.26 a 0.15	1.19 a 0.25	1.86 b 0.01	3.55 d 0.32	2.76 c 0.31	1.50 ab 0.14	2.83 c 0.30	0.0000

D1=c/soya extruída, D2= c/coe 70s:30p, D3=c/coe 60s:40p, D4=c/coe 50s:50p, D5=c/pasta de soya y pescado crudo, D6=c/doble coe camarón:soya, D7=Dieta com. "As".

Se emplearon 3 replicados con 12 animales c/u.; ^an=252 datos; ^bn=247 datos; *n=21 casos.

Letras diferentes denotan diferencias significativas en $p < 0.05$

En cuanto al peso ganado en %, a los 20 días del bioensayo tendió a subir conforme a la inclusión de subproductos de pescado en los coextruídos (Tabla 45 y Fig. 42), de tal forma que la D4 (c/coe 50s:50p) presenta el valor más alto. La D5, que contiene pasta de soya y subproductos de pescado sin proceso, presenta un incremento en peso ligeramente inferior a la D4, debido tal vez, a que su inclusión de pescado en materia seca, es más bajo (5 %), comparado con la D4 (10 %) (Ver tabla 31). La D1 (con soya extruída) tuvo el menor incremento en peso de todas las dietas, muy similar a la dieta con doble coextruído camarón/soya; la dieta comercial (D7) fue la mejor, aunque no difiere significativamente de la D4 y D5.

A los 34 y 48 días se observa la misma tendencia anterior, salvo que la D6 es muy parecida a la D2, obteniendo el valor más alto para la dieta 7 (Fig. 42). De los 0-20 días se observó un incremento en peso de 20-26 % para las D4, D5 y D7 (que fueron los más altos), y de un 10-16 % para las demás dietas. Se observó un incremento en peso de los 20-34 días de alrededor del 20 % para D4, D5 y D7, y para el resto de las dietas fue de 10-15 %. Pero de los 34-48 días hubo apenas un 10 % o menos, ocasionado probablemente por descenso en la temperatura del agua.

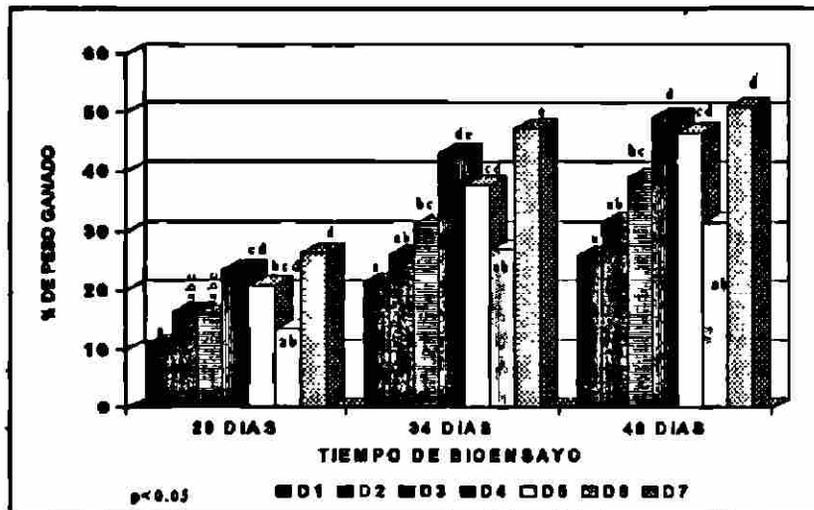


Fig. 42.- % ganado en peso a los 20, 34 y 48 días del bioensayo.

En lo que se refiere al consumo de alimento, a los 20 días no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), aunque se observa que el consumo disminuye en forma directa a la inclusión de subproductos de pescado en el coextruido (D2, D3 y D4) (Fig. 43), siendo al parecer más palatables la dieta D2.

A los 34 y 48 días se observa la misma tendencia con respecto a los coextruidos, resultando más palatable la D2, presentándose ya diferencias significativas en el consumo. El consumo de alimento también disminuyó en la 3a. etapa del bioensayo (de los 35-48 días), de la misma forma que el % ganado en peso, probablemente por el descenso de la temperatura.

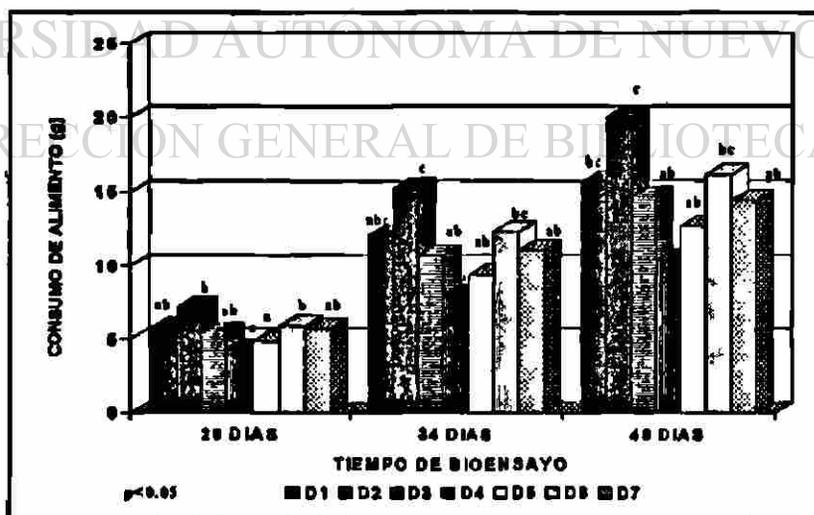


Fig. 43.- Consumo de alimento a los 20, 34 y 48 días del bioensayo.

En lo que se refiere a la TCA, a los 20 días baja en la medida que los coextruidos aumentan su inclusión de pescado (Tabla 45), presentando el valor más bajo la D4, aunque no difiere significativamente de de la D5 y D7, que presentan valores cercanos a la unidad. La TCA más alta fue para la dieta D1 (Fig.44).

A los 34 y 48 días (Tabla 46 y 47), se definen mejor las TCA, presentando los mejores valores (más bajos) las dietas D4, D5 y D7, que no difieren significativamente entre sí ($p > 0.05$). Las TCA más altas fueron obtenidas por las dietas D1 y D2 (Fig. 44).

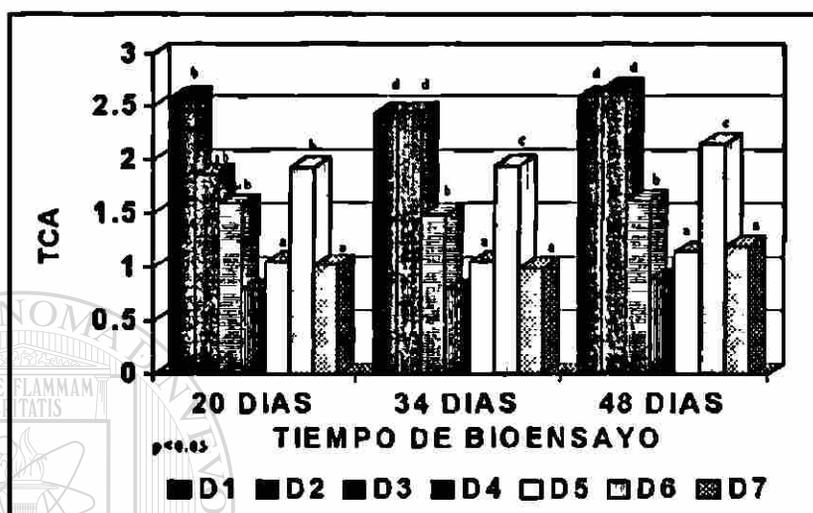


Fig. 44 .- Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) a los 20, 34 y 48 días del bioensayo.

En cuanto a la sobrevivencia, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguno de los periodos del bioensayo (Fig. 45), obteniendo sobrevivencias superiores al 95 %.

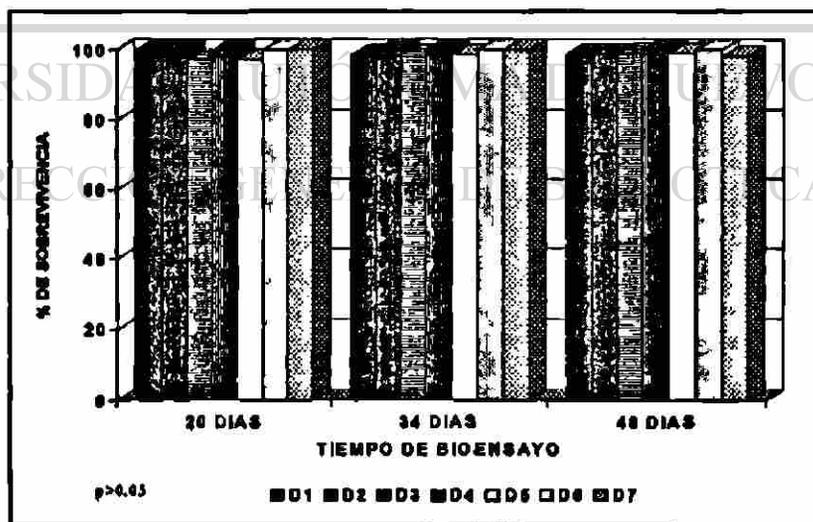


Fig. 45 .- Tasa de sobrevivencia a los 20, 34 y 48 días del bioensayo.

En cuanto al PER (tasa de eficiencia proteica), el cual está en función del peso ganado y el alimento consumido, a los 20 días del bioensayo tiene tendencia a aumentar conforme a la inclusión de subproductos de pescado en el coextruido (Tabla 45 y Fig. 46), presentando también el mayor valor la D4 (a mayor valor, mayor eficiencia proteica). La D5 presenta un valor un poco

inferior a la D4, pero superior a las dietas D1, D2 y D3 y D6, que no difieren significativamente entre sí ($p < 0.05$). La D7 presenta un valor similar a la D5 ($p > 0.05$) (Fig. 46).

A los 34 y 48 días del bioensayo, se presenta la misma tendencia (Tablas 46 y 47, Fig. 46), pero el PER tiende a bajar, debido a que los peces ganaron menos peso y consumieron menor cantidad de alimento. La D4 tiene el valor más alto dentro de las dietas con coextruidos, y es seguido por las dietas D5 y D7, ambas no difieren significativamente entre sí. La D2 presenta el valor más bajo, pero no difiere significativamente de las dietas D1 y D6.

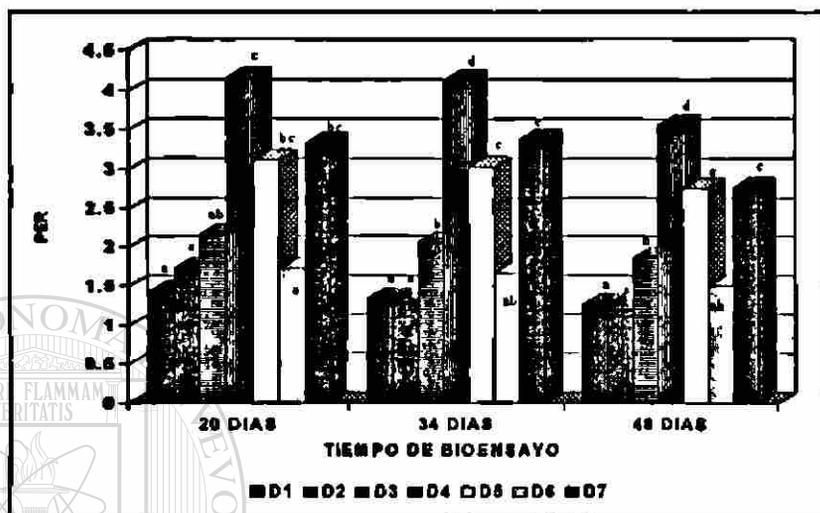


Fig. 46.- Tasa de Eficiencia Proteica (PER) a los 20, 34 y 48 días del bioensayo.

COSTOS.

COSTO TOTAL DE PROCESO/TON. DE COEXTRUIDO.

Al comparar el costo del coextruido sencillo y del coextruido doble de camarón/soya (Tabla 48) con los coextruidos soya/pescado (Tabla 22 y fig. 25), el precio del coextruido sencillo (32 c:68 s) es similar al del coextruido 70 s:30 p, pero el del doble coextruido es ligeramente superior a éste, sin embargo su costo es inferior a la soya extruída.

Tabla 48.- Costo total de proceso/Ton. de coextruido de camarón/soya.*

Rubro	Coextruido sencillo	Doble coextruido
	32 c:68 c	32 c:68 [32 c:68 s]
Ingrediente	1764.23	1870.52
Proceso	207.90	207.90
Subtotal (70.56 % M.S)	1972.13	2078.42
Costo final (90 % M.S.)	2515.47	2651.05

*Ver Tablas 20, 21 y 22.

COSTO TOTAL DE LA DIETA CON DOBLE COEXTRUIDO CAMARON/SOYA.

Al comparar el costo de esta dieta (Tabla 49) con las que tienen incluidos coextruidos soya/pescado (Tabla 39), el precio resulta ligeramente más alto pero mucho más barato que la dieta con soya extruída.

Tabla 49.- Costo total /ton. de la dieta para bagre (D6) con doble coextruído camarón/soya.

	Dieta 6
Rubro	Costo \$
Costo de fórmula/Kg	2.16
Costo de fórmula/Ton.	2164.67
Costo de proceso	212.14
Costo en 77.64 % M.S.	2376.81
Costo total/ton. en 90 % M.S.	2755.19

COSTO \$ POR KG DE BAGRE PRODUCIDO CON DIETAS EXPERIMENTALES.

Como podemos observar en la Tabla 50 y fig. 47, de las dietas con coextruidos de soya y pescado, la mejor en TCA y costo por Kg de bagre producido es la D4, en relación a las D2 y D3. La dieta control, con soya extruída (D1) resulta ser la más cara para la producción, tanto como la D2, con el coextruído 70s:30p. La D5 (con pasta de soya y subproductos de pescado incluidos sin proceso) resultó tan eficiente como la D4 (con el coextruído 50s:50p). La dieta comercial (D7), resulta más cara que emplear la D4 y D5, pero puede compararse con la dieta con el coextruído 60s:40p. La dieta con el doble coextruído camarón/soya (D6) resultó demasiado cara como para considerarla en la producción de bagre, pero es mucho más barata que las dietas D1 y D2.

Tabla 50.- Costo/Kg de bagre producido con dietas experimentales.

Dietas	Costo dieta/Kg	TCA	Costo/Kg bagre prod.
D1	3.03	2.60	7.88
D2	2.65	2.68	7.10
D3	2.61	1.63	4.25
D4	2.53	0.90	2.28
D5	2.25	1.15	2.59
D6	2.75	2.15	5.91
D7	*3.40	1.19	4.05

*Costo del mes de marzo de 1996.

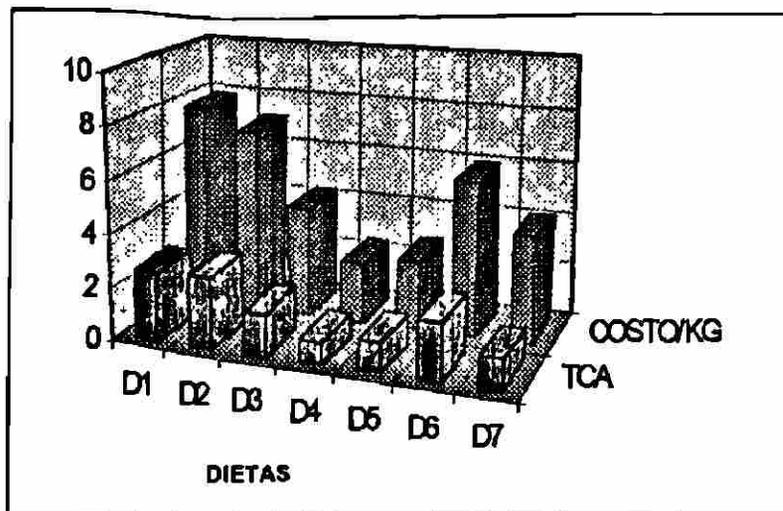
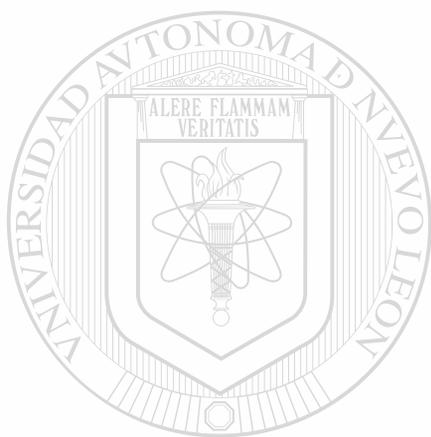


Fig. 47.- TCA y Costo/Kg de bagre producido con dietas experimentales.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DISCUSIONES.

EVALUACION BIOLÓGICA.

Los resultados obtenidos en este trabajo se sugiere tomarlos como una investigación preliminar, ya que fueron obtenidos % de ganancia en peso bastante bajos en relación a los reportados en otros trabajos, y fue corrido a bajas temperaturas (22 °C), por lo que no se puede hacer una conclusión final (Wilson, 1996, com. per. y Robinson, 1996, com. per.), pero marcan la tendencia a seguir en la inclusión de coextruidos para posteriores investigaciones.

% GANADO EN PESO.

En cuanto al % de peso ganado (incremento en peso), a los 48 días resultaron muy bajos, siendo las dietas D4, D5 y D7 las que presentan los valores más altos (49.1, 46.54 y 51.46 % resp.) y la D1 (con soya extruida) el valor más bajo (25.81 %). Estos valores no concuerdan con los obtenidos por Robinson et al (1985), quien al evaluar un coextruido con 70 % de soya (pasta de soya y soya integral, sin cáscara) con 30 % de desechos de bagre obtuvo un incremento en peso del 475.9 % al final de 9 semanas. Pero fue efectuado a 27-29 °C. Otros experimentos con ingredientes diferentes a éstos presentan incrementos en peso superior al 400 % en un periodo de 12 semanas a 28 °C (Webster et al, 1992) y de 10 semanas a 27-29 °C (Robinson, 1984); mayor al 300 % en un periodo de 9 semanas a 29 °C (Mohsen et al, 1990) y mayor a 800 % en 20 semanas sin especificar temperatura (Robinson et al, 1995) y varios más.

Lo anterior es evidencia del efecto de las bajas temperaturas del agua en la nutrición de bagre (Wilson, 1996, com. per. y Robinson, 1996, com. per.). Por lo tanto, el peso ganado está en función del alimento consumido, desde que la alimentación es afectada por la temperatura (Robinson, 1991; Li y Robinson, 1994; Robinson y Li, 1995). Los peces pequeños y grandes comen menos alimento en temperaturas de agua más frías (Robinson, 1991), por lo que el crecimiento decrece rápidamente a temperaturas inferiores a 21 °C o superiores a 32 °C, creciendo más rápido y convirtiendo el alimento más eficientemente entre 26-29 °C (Lovell, 1989; Steffens, 1989; Tucker, 1985; Aguilera y Zarza, 1986; Tucker y Robinson, 1990; Wilson, 1996, com. per. y Robinson, 1996, com. per.), por lo que además de controlar todos los aspectos del metabolismo de bagre (Tucker y Robinson, *op. cit.*; Steffens, *op. cit.*), es también un factor primario que afecta la factibilidad económica en su cultivo (Tucker y Robinson, *op. cit.*).

CONSUMO DE ALIMENTO.

El consumo de alimento fue mayor para las dietas que tuvieron la mayor inclusión de pasta de soya (extruida y en forma de coextruido, lo que puede estar relacionado con su palatabilidad (Lovell, 1991; Li y Robinson, 1994; Treviño y Celis, 1994).

TASA DE CONVERSION ALIMENTICIA (TCA).

La TCA decreció en la misma razón que el consumo de alimento, obteniendo las TCA más altas para la D1 (con soya extruída), D2 (con coe 70 s:30 p) y D6 (con doble coextruído soya/cam.), y las más bajas (las mejores) para las D4 (con coe 50s:50 p), D5 (con pasta de soya y subprod. de carpa herb.) y D7 (dieta comercial). La TCA obtenida para la D2 (2.68) no coincide con los resultados obtenidos por Robinson et al (1985), quien obtuvo una TCA de 1.37 para un coextruído similar con 70 % de soya (p. de soya y soya integral sin cáscara) y 30 % de desechos de bagre, pero efectuado en condiciones controladas, a 27-29 °C.

Esto pudo ser debido (además de la temperatura del agua) al efecto del proceso de extrusión sobre el coextruído, que destruyó algunos nutrientes esenciales de la soya que son menos disponibles (Dominy and Lim, 1991), observándose el mismo comportamiento en la dieta con soya extruída, lo que sugiere que el proceso adicional puede ser detrimental para la pasta de soya (Dominy and Lim, *op. cit.*), ya que reduce la disponibilidad de algunos aminoácidos esenciales, especialmente lisina (que puede destruirse por cocimiento excesivo), arginina y triptofano (Parsons, 1992; Vohra y Kratzer, 1991), marcando tendencias a decrecer la respuesta animal y el valor nutricional (Dominy y Lim, 1991). Este efecto puede observarse también en la D6 (con doble coextruído soya /camarón), debido que es extruída 3 veces hasta la elaboración de la dieta.

Robinson *et al* (1985) no encontraron diferencias significativas en dietas para bagre conteniendo una inclusión del 56.9 % de coextruído 70s:30p en comparación a una dieta que contenía este coextruído y harina de bagre, presentando la TCA más baja y la mejor ganancia en peso. Dominy and Lim (1991) evaluaron en camarón blanco *Penaeus vannamei* dietas conteniendo soya extruída y sin extruir con harina de calamar y coextruídos soya/calamar, encontrando que la TCA de la dieta con soya extruída no variaba significativamente de la dieta con pasta de soya o con uno de los coextruídos.

Lo anterior puede hacer suponer que la temperatura del agua probablemente no le permitió al bagre desarrollarse adecuadamente con este tipo de dietas, o que realmente hubo daño nutricional en el ingrediente por efecto del proceso.

Por otro lado, en la medida que se incrementa la adición de subproductos de pescado en el coextruído de la dieta, la TCA tiende a ser más eficiente (más baja) obteniendo el mejor valor para la dieta 4 (con coe 50s:50p), aunque no difiere significativamente de la dieta con subproductos de pescado/pasta de soya sin proceso (D5) y la dieta comercial (D7). El incremento en peso y la mejora en TCA con el incremento de subproductos de pescado en la dieta, pudo haber sido causado por una mejora en el perfil de aminoácidos esenciales en la dieta (Mohsen et al, 1990), tales como lisina y/o energía (Robinson et al, 1985), aminoácidos sulfurados (Andrew and Page, 1974, citado por Mohsen, 1990). Esta favorable respuesta también pudo estar relacionada a un incremento en la disponibilidad de energía, un incremento en energía digestible, debido al tratamiento por calor durante la extrusión (Robinson et al, 1985), lo que indica el mejoramiento de la proteína vegetal cuando es extruída con subproductos de pescado (Dominy y Lim, 1991).

Por otro lado, la baja TCA en la dieta con subproductos de pescado y pasta de soya sin proceso (D5), indica que puede ser tan efectiva como cuando se incrementa la inclusión de subproductos de pescado como en la D4 (aproximadamente 10 % de pescado base seca) (Mohsen et al, 1990), ya que se compensa el daño por extrusión con el nivel de inclusión, y que ambas son tan buenas como la dieta comercial (D7).

TASA DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

El PER sigue la misma tendencia que la TCA, aunque es influenciada por el nivel de proteína dietaria suministrada, y los efectos varían entre especies (Dabrowsky, 1979 y Millikin, 1982, citados por Robinson, et al (1985).

Los valores observados en las dietas con coextruidos muestran que tienden a mejorar con la inclusión de subproductos de pescado, aún cuando éstos se incluyen con pasta de soya sin proceso, lo que puede estar relacionado a un incremento en disponibilidad de aminoácidos, p.ej., aminoácidos disponibles para absorción debido al mejoramiento de la digestibilidad de la proteína de los productos extruidos (Robinson et al (*op. cit.*).

Aunque los valores de las dietas con soya extruída y coe 70 s:30 p no concuerdan con los obtenidos por Robinson et al (*op. cit.*), quien, aunque alimentó con dietas bajas en proteína, resultan tan eficientes como la dieta con harina de pescado. Como se mencionó anteriormente, esto puede estar relacionado al daño nutricional por efecto del proceso de extrusión, destruyendo nutrientes esenciales que son menos disponibles (Dominy y Lim, 1991), especialmente lisina, arginina y triptofano (Vohra y Kratzer, 1991; Parsons, 1992). Este mismo efecto puede verse en la D6, donde considerando todo el proceso de elaboración hasta las dietas, es procesada 3 veces, por lo que es muy factible el severo daño producido a la soya.

Por otro lado, se observa que la dieta comercial (D7) es tan eficiente como la D5, pero resulta menos eficiente si se compara a la dieta con el coe 50 s:50 p (D4), lo que respalda el valor proteínico del coextruido.

COSTO POR KG DE BAGRE PRODUCIDO CON DIETAS EXPERIMENTALES.

Dentro de la factibilidad económica de las dietas experimentales, se mostró que con la D4 se obtiene el costo más bajo por Kg de bagre producido, seguido por la D5, cuyo costo es muy similar. La dieta comercial (D7) aún cuando presenta una TCA equiparable a las 2 dietas anteriores (D4 y D5), su costo comercial y costo por kg de bagre producido es un poco más alto, aunque muestra que puede ser equivalente en calidad y precio a la D3 (con coe 60s:40p)/

Las dietas con la mayor inclusión de pasta de soya (D1 y D2) y la del doble coextruido (D6). por su alto costo/Kg de bagre producido, resultan bastante caras como para considerarlas dentro de la producción de alimentos acuícolas, si es comparado a la dieta comercial (D7), y además presentaron calidad nutricional más baja.

CONCLUSIONES.

☐ Para la obtención de resultados favorables en los parámetros biológicos y la aplicación de recomendaciones nutricionales, se requiere efectuar el bioensayo en bagre a temperaturas de entre 28-30 °C.

☐ Aunque los resultados del presente trabajo deben tomarse con mucha reserva, se presentan las siguientes tendencias nutricionales:

☛ Al parecer el proceso de extrusión daña nutricionalmente la pasta de soya extruída a altas temperaturas, principalmente por el doble o triple proceso (doble coextruído soya/camarón), probablemente por destrucción de aminoácidos esenciales como lisina, arginina y triptofano.

☛ Aunque existen trabajos que mencionan que la pasta de soya extruída no causa efectos detrimentales en crecimiento y TCA, esto estará en función de las condiciones en que se efectúe la evaluación nutricional, como fórmula alimenticia, edad, talla y estado fisiológico del pez, calidad y temperatura del agua, infraestructura para evaluación, etc.

☛ El aumento en inclusión de subproductos de pescado en el coextruído de la dieta mejora la TCA y PER, probablemente por el incremento en disponibilidad de aminoácidos esenciales, mejoramiento de la digestibilidad de la proteína y el incremento en energía digestible.

☛ Es factible económicamente el empleo de coextruídos con mayor inclusión de subproductos de pescado en dietas para bagre, porque disminuye el costo por Kg de bagre producido, lo que redundará en un alto beneficio económico para el productor, aunque su empleo sólo se justificará si existe una alta producción de subproductos de pescado .

CONCLUSION GENERAL.

✓ La extrusión es con mucho un arte, y aunque hay muchos científicos investigadores trabajando en la naturaleza altamente técnica de la extrusión, y aunque la planta llegue a tener un proceso más controlado, la calidad del producto está en manos del operador.

✓ La coextrusión de un subproducto de fileteado de carpa herbívora con pasta de soya fue factible técnicamente, en un extrusor Insta-Pro 600, hasta la inclusión de 50 % del subproducto húmedo, obteniendo un producto con 32 % de humedad final.

✓ Con un subproducto cotizado en un precio de 20 % de la pasta de soya, el ahorro en el costo de materia prima permite compensar el costo del proceso sin contar el secado final, y obtener el coextruido húmedo al mismo precio que la pasta de soya. Para conocer el costo del producto estabilizado, será necesario estimar el costo de secado para pasar de 32 % a 6 % de humedad en el producto final.

✓ La incorporación de 45 % de coextruido seco en una mezcla para obtener un alimento balanceado extruido flotante requiere la rehidratación de la mezcla hasta alcanzar una humedad de 22 %, y la inyección de agua suplementaria en el barril del extrusor, dando un porcentaje de humedad de 24 % a la salida del extrusor. Sin contar el costo del secado del alimento extruido, se llega a un costo de \$2534.00 /ton, para el alimento con coextruido 50 s: 50 p, ligeramente superior al de un alimento con una inclusión del 18 % del subproducto húmedo (\$2250.00/ton.), pero inferior al de un alimento balanceado comercial (\$ 3400.00/ton.).

✓ La prueba en estanques de estas dietas, aunque realizada a temperaturas demasiado bajas (18-25 °C) permitió demostrar una ventaja nutricional muy significativa de la dieta 4 (con 45 % de coextruido 50s:50 p) y D5 (con 18 % de subproducto húmedo) sobre las otras dietas con menor inclusión de subproductos, dando resultados zootécnicos similares a la dieta comercial, pero a un costo mucho inferior en alimento/Kg de bagre producido.

BIBLIOGRAFIA.

- Acosta H M.,** 1990. Extrusión de Alimentos Enriquecidos con Soya. Memorias del Seminario-Taller organizado por Asociación Latinoamericana de Extrusión de Alimentos Enriquecidos con Soya y Asociación Americana de Soya (ASA). Ago., 1990, Chihuahua, Chih., Méx. 162 pp.
- Aguilera H., P. y E. Zarza M.** 1986. El bagre y su Cultivo. Publicación de Secretaría de Pesca. FONDEPESCA. Edit. Litográfica. México. S.A., México, D.F.47 pp.
- Akiyama, D.M.** 1991. Future considerations for the aquaculture feed industry. Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.M. Tan (Editors). September 19-25 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 5-9.
- Akiyama, D.M.** 1991. The Use of Soy Products and Other Plant Protein Supplements in Aquaculture Feeds. Review in . Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.M. Tan (Editors). September 19-25 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 199-206.
- Badui D., S.**1993. Química de los Alimentos. Tercera Edición. Edit. Alhambra Mexicana, S.A. de C.V. 648 pp.
- Bardach, J.E., J.H. Ryther and W.O. McLarney.** 1972. Aquaculture. Wiley-Interscience. pp 159-205.
-
- Bigliani, J.R.** 1993. El Proceso de Peletización en la Producción de Alimentos para Acuicultura. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Cruz, E., D. Ricque y R. Mendoza (Eds). 22-24 de Febrero, 1993. FCB/UANL. Monterrey, N.L., México. pp 393-414.
- Botting, Ch. C.** 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. Tan (Editors). September 19-25 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 116-120.
- Carver, L.A., D.M. Akiyama and W.G. Dominy,** 1989. Processing of Wet Shrimp Head and Squid Viscera with Soy Meal by a Dry Extrusion Process. ASA Technical Bulletin. Vol. 3 AQ 1689-4.
- Chávez, M.C.**1993. El Estado Actual de la Acuicultura en México y Perfiles de Nutrición y Alimentación. Revisado en : La Nutrición y Alimentación en la Acuicultura de América

Latina y el Caribe. Programa Cooperativo Gubernamental. Documento de campo No. 9. Proyecto Aquila II GCP/RLA/102/ITA. México.pp 109-176.

Cho, C.Y. and S.J. Slinger. 1979. Apparent digestibility Measurement in Feedstuffs for Rainbow Trout. From Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology. Hamburg 20-23 June, 1978. Vol. II Berlín 1979. pp 239-247.

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, U.S.A. pp 233-245.

Cluet, D. 1990. Extrusion Technology for Aquaculture. Advances in Manufacture of Aquatic Feeds by Low Cost Extrusion. The necessity for technology transfer from the advanced user to the new user. Presented at the World Aquaculture Society, Annual Meeting, Halifax, Canada, 10-14th June, 1990. 17 pp.

Cruz S., E. 1993. Introducción: Extrusores y Principios de Extrusión. Memorias del Curso Teórico-práctico sobre Extrusión y sus Aplicaciones en Nutrición Animal. Cruz, E., D. Ricque y R. Mendoza (Eds.). 12-13 de Agosto de 1993. FCB/UANL. Monterrey, N.L.Mex. 22 pp.

Dale, N. 1992. Solubilidad de la proteína: indicador del procesado de la harina (pasta) de soya. ASA/MEXICO A.N. No. 89, Mayo 1992. 12 pp

Das, H.K., M.T. Hattula, O.M.M. Myllymaki and Y. Malkki. 1993. Effects of Formulation and Processing Variables on Dry Fish Pellets Containing Fish Waste. Journal Sciences Food Agriculture. 1993. 61: 181-187.

Davis, D.A. and D.M. Gatlin III. 1991. Dietary Mineral Requirements of Fish and Shrimp. Review in Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.H.Tan (Editors). September 19-25 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 49-67.

Dievet (sin año). Wet By-products Extrusion. Inotec International, Groupe Dievet . 4 pp (Panfleto Publicitario).

Dominy, W.G. and C. Lim. 1991. Evaluation of Soybean Meal Extruded with Wet Squid Viscera as a Source of Protein in Shrimp Feeds. Review in Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.H.Tan (Editors). September 19-25 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 116-120.

Dupree, H.K. and J.V. Huner. 1984. Nutrition, Feeds and Feeding Practices. Review in: Third Report to the Fish Farmers. U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service. pp 141-157.

- Fellows, P.** 1994. Extrusion. Revisado en Tecnología del Proceso de los Alimentos: Principio y Prácticas. Fellows (Editor). Editorial Acribia, S.A. España. pp 274-284.
- Gomes, E.F., G. Corraze and S. Kaushik.** 1993. Effects of Dietary Incorporation of a Co-extruded Plant Protein (rapeseed and peas) on Growth, Nutrient Utilization and Muscle Fatty Acid Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 113:339-353.
- Haard, N.F.** 1995. Digestibility and in Vitro Evaluation of Plant Protein for Salmonid Fed. Review in: Nutrition and utilization Technology in Aquaculture. Lim. Ch. and D.J. Sessa (Editors). AOCS Press. Champaign, Illinois. pp 199-219.
- Halver, J.E.,** 1989. Fish Nutrition. Second edition. Academic Press. Seattle, Washington. U.S.A. 798 pp.
- Harper, J. M.** 1981. Textured Plant Protein. Cap. 13. Review in Extrusion of Foods. Volume II. Edit. CRC Press Inc., Florida. pp 89-112.
- Harper, J. M.** 1989. Food Extruders and their Applications. Submitted as a chapter I in Extrusion Cooking. Mercier, C., P. Linko and J.M. Harper (Eds.). American Association of Cereal Chemist, Inc., St. Paul Minnesota, USA. pp 1-16.
- Hauck, B.W. and G.R. Huber.** 1989. Single Screw vs Twin Screw Extrusion. *Cereal World*. November 1989. Vol. 34 No. 11. pp 929-939.
- Helrich, K.** 1990, Official Methods of Analysis. 15 th edition. Asociation of Official Analytical Chemist, Inc. Arlington, Virginia, U.S.A. 1360 pp
- Henken, A.M., D. Kleingeld and P. Tijssen .** 1985. The Effect of Feeding Level on Apparent Digestility of Dietary Dry Matter, Crude Protein and Gross Energy in the African Catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 51:1-11.
- Hepher, B,** 1993. Nutrición de Peces Comerciales en Estanques (trad.)Ed. LIMUSA, 1a. Edición. México. pp 64-79.
- Kanazawa, A.** 1986. New Developmens in Fish Nutrition. Review in The Firs Asian Fisheries Forum. J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (Eds.).Asian Fisheries Society. Manila, Philippines, Philippines. pp 9-14.
- Kearns, J.P.** (sin año). Advantages of Extrusion Cooking and Comparisons with the Pelleting Process for Aquatic Feeds. Wenger International Inc. Kansas City, Missouri, USA.
- Kearns, J.P.** 1991. Extrusion of Aquatic Feeds. Review in Advances in Food Technology. pp 40-57.

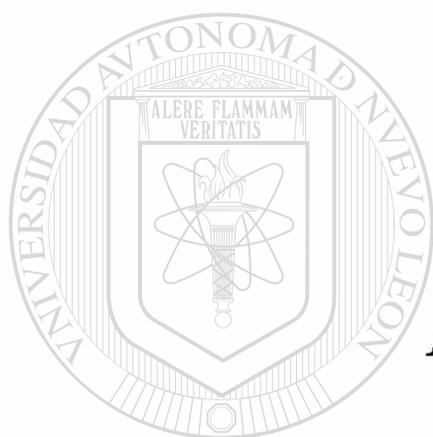
- Kearns, J.P.** 1993. Método Wenger para la Extrusión de Alimentos Acuícolas. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Cruz, E., D. Ricque y R. Mendoza (Eds). 22-24 de Febrero, 1993. FCB/UANL. Monterrey, N.L., México. pp 431-464.
- Kearns, J.P.** 1994. Extrusion de Proteínas Texturizadas. Revisado en : SOYANOTICIAS Abr-Jun. 94. pp 1-12
- Kiang, M.J.** 1993. La Extrusión como Herramienta para Mejorar el Valor Nutritivo de los Alimentos. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Cruz, E., D. Ricque y R. Mendoza (Eds). 22-24 de Febrero, 1993. FCB/UANL. Monterrey, N.L. México. PP 415-429.
- Kiang, M.J.** 1994. Secondary Resources Reciclyng for Aquatic Feeds by Dry Extrusion Process. Memorias del 2o. Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mendoza, R.,D. Ricque y E.Cruz (Eds.). 7-9 noviembre de 1994. FCB/UANL. Monterrey, N.L., México.
- Kollengode A.N., A.S. Sokhey and M.A. Hanna.** 1996. Physical and Molecular Properties of Re-extruded Starches as Affected by Extruder Screw Configuration. Journal of food Science, Vol. 61 No. 3, pp 596-599, 603.
- Licciardello, J.J.**1990. Freezing. Submitted as Chapter 13 in The Seafood Industry. Martin, R.E. and G.J. Flick (Editors). Van Nostrand Reinhold. USA. pp 205-218.
- Lim, C. and D.M. Akiyama.** 1991. Full fat soybean meal utilization by fish. Review in Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.H. Tan (Eds). September 19-25 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp. 188-198.
- Li, M.H. and E.H. Robinson.** 1993. A Review:Practical use and Nutritional value of cottonseed meal for catfish. MAFES Technical Bulletin 191. September 1993. pp 1-6.
- Li, M.H. and E.H. Robinson.** 1994. Catfish feed manufacture. MAFES Bulletin 1012. june 1994. pp 1-14.
- Lovell, R.T.** 1989. Diet and Fish Hundsbandry. Submitted as a chapter in Fish Nutrition. Halver, J.E. (Editor). Second Edition. Academic Press, Seatle, Washingtonp, USA. pp. 550-605.
- Lovell, R.T.** 1991. Use of Soybean Products in Diets for Aquaculture Species: Revised. Review in Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.H. Tan (Eds). September 19-25 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 173-187.

- Lovell, R.T.** 1992. Replacing Fish Meal in Channel Catfish diets. Review in Proceedings of the Aquaculture Nutrition Workshop. Salamander bay. NSW Fisheries, Brackfish Water Fish Culture Research Station, Salamander Bay, Australia. pp 118-121.
- Marilis-Lezcano, M., O. Valdéz y P. Serrano.** 1995. Composición de la Fracción Lipídica, Minerales, Vitaminas y Calidad Proteica de la Carpa Plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) Cultivada en Cuba. Abstract. Libro de Resúmenes del 46o Congreso Anual del P.F.T., 5-8 Febrero, 1995. Mazatlán, Sin., Méx.
- 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, E., D. Ricque y R. Mendoza (Eds.). 12-13 de Agosto de 1993. FCB/UANL. Monterrey, N.L.Mex. 29 pp.
- Miller, R.C.** 1994. Unit Operations of Extrusion Processing. Memorias del curso sobre extrusión en Guatemala en Sept., 1994. Consulting Engineer. Box 413, Auburn, N.Y. (This material was originally presented at the American Assoc. of Cereal Chemist Short Course on Food Extrusion).
- Miller, R.C.** 1994. Finished Product Characteristics. . Memorias del curso sobre extrusión en Guatemala en Sept., 1994. Consulting Engineer. Box 413, Auburn, N.Y. (This material was originally presented at the American Assoc. of Cereal Chemist Short Course on Food Extrusion).
- Miller, R.C., P.E.** 1996. Costo del Proceso de Extrusión : Inversión y Operación. Revisado en : SOYANOTICIAS Ene-Mar. '96. 3 pp.
- Mohsen, A.A. and R.T. Lovell.** 1990. Partial Substitution of Soybean Meal with Animal Protein Sources in Diets for Channel Catfish. *Aquaculture* 90: 303-311.
- National Research Council.** 1983. Nutritional Requirements of Domestic Animals. Nutrient requirements of warmwater fishes. National Academy of Sciences. Washington, D.C.
- Neubacher, H.** 1995. Catfish Heading into Europe. Review in: SEAFOOD INTERNATIONAL. February 1995. pp 24-27.
- Olvera-Novoa, M.A., S. Campos, M. Sabido and C.A. Martínez.** 1990. The Use of Alfalfa Leaf Protein Concentrates as a Protein Source in Diets for Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture* 90:291-302.
- Olvera, M.A., C.A. Martínez, E. Real.** 1993. Manual de Técnicas para Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos. Programa Cooperativo Gubernamental. Documento de Campo No. 7. Proyecto Aquila II GCP/RLA/102/ITA. México. pp 58-60.

- Park, J., K.S. Rhee, B.K. Kim and K.C. Rhee.** 1993. High-Protein Texturized Products of Defatted Soy Flour, Corn Starch and Beef: Shelf-Life, Physical and Sensory Properties. *Journal of Food Science*-Volume 58, No. 1. 1993.
- Parsons, C.M.** 1991. *Amino Acid Digestibilities for Poultry: Feedstuff Evaluation and Requirements*. Produced and copyrighted by Nutri-Quest, Inc. 1991.
- Parsons, C.M.** 1992. *Procesamiento Optimo de la Pasta de Soya Destinada al Consumo Animal*. ASA/MEXICO A.N. No. 116. Septiembre 1992. 9 pp.
- Pelcastre V., A.L. Melo D.A., E. Cruz, D. Ricque.** 1995. *Reciclamiento de Subproductos Acuicolas para Alimento de Bagre por el Proceso de Extrusión en Seco*. Abstract. Libro de Resúmenes del 46o Congreso Anual del P.F.T., 5-8 Febrero, 1995. Mazatlán, Sin., Méx
- Perkin Elmer Corp.** 1986. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry*. The Perkin Elmer Corporation. Norwalk, C.V.U.S.A. pp 1-2, 6N-2.
- Pillay, T.V.R.** 1990. *Aquaculture. Principles and Practices*. Fishing news (Books). Review in: *Catfish Culture*. *Aqua Farm News* Vol. XI (No. 6) 1993. pp 4.
- Quintero R., A.** 1993. *Aplicaciones y Tendencias de la Tecnología de Extrusión-Cocción*. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Cruz, E., D. Ricque y R. Mendoza (Eds). 22-24 de Febrero, 1993. FCB/UANL. Monterrey, N.L. México. pp 465-477.
-
- Robinson, E.H., J.K. Miller, V.M. Vergara and G.A. Durchame.** 1985. Evaluation of Dry Extrusion-cooked Protein Mixes as Replacements for Soybean Meal and Fish Meal in Catfish Diets. *Prog. Fish Culture* 47(2):102-109.
- Robinson, E.H.** 1989. Channel Catfish Nutrition. Review in *Aquatic Sciences*. 1:365-391.
- Robinson, E.H.** 1991. *A Practical Guide to Nutrition, Feeds and Feeding of Catfish*. MAFES Bulletin 979, Octubre 1991. pp 1-18.
- Robinson, E.H. and M.H. Li.** 1993. Protein Quantity and Quality of Catfish Feeds. MAFES Technical Bulletin 189. August 1993. pp 1-10.
- Robinson, E.H. and M.H. Li.** 1994. Use of Plant Proteins in Catfish Feeds: Replacement of Fish Meal with Soybean Meal and Cottonseed Meal. *Journal of the World Aquaculture Society*. 25: 271-276.
- Robinson, E.H., C.R. Weirich and M.H. Li.** 1994. Feeding Catfish. MAFES Bulletin 1019. October 1994. pp 1-9.

- Robinson, E.H., L.S. Jackson, M.H. Li, S.K. Kingsbury and C.S. Tucker.** 1995. Effect of Time of Feeding on Growth of Channel Catfish. *Journal of the World Aquaculture Society* Vol. 26 No. 3 September, 1995. pp 320-322.
- Robinson, E.H. and M.H. Li.** 1995. Catfish Nutrition Part I : Nutrients and Feeds. Review in *Aquaculture Magazine* May/June 1995, Vol. 21, Number 3. pp 44-53.
- Robinson, E.H. and M.H. Li.** 1995. Catfish Nutrition Part II : Feeding. Review in *Aquaculture Magazine* July/August 1995. Vol. 21 Number 4. pp 28-40.
- Robinson, E.H. and M.H. Li.** 1995. Catfish Nutrition Part III : Feed Manufacture. Review in *Aquaculture Magazine* September/October 1995. Vol. 21 Number 5. pp 57-64.
- Rokey, G. and G. Huber** (sin año). Extrusion Processing of Aquatic Feeds. Sin referencia.
- Said, N.W.** 1992. Feed Extrusion. Triple "F", Inc. Des Moines, Iowa.
- Sikorski, Z.E.** (sin año). Structure and Proteins of Fish and Shellfish. Part 2.
- Smith, R.R.** 1979. Methods for Determination of Digestibility and Metabolizable Energy of Feedstuffs for Finfish. From Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology. Hamburg 20-23 June 1978. Vol. II Berlin. pp 453-459.
- Stanley, D.W.** 1989. Protein Reactions During Extrusion Cooking. Submitted as Chapter 10 in *Extrusion Cooking*. Mercier, C., P. Linko and J.M. Harper (Eds). American Association of Cereal Chemists, Inc. St Paul, Minnesota, USA. pp 321-342.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie.** 1992. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2a. Edición (1a. en español). Mc Graw Hill. México. pp 132-185.
- Stephens, W.** 1989. *Principles of Fish Nutrition*. Elis Horwood Limited. Great Britain. 384 pp.
- Stephens, D.K., P.E., C.S.P.,** 1994. Reclamation of Aquaculture By-products Utilizing the D'Hydrotec Biological Waste Processing System. *Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. Mendoza, R., D. Ricque y E. Cruz (Eds.). 7-9 de Noviembre de 1994. Monterrey, N.L., México.
- 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.
- Tan, J., X. Gao and F. Hsieh.** 1994. Extrudate Characterization by image Processing. *Journal of Food Science*. Volume 59, No. 6, 1994. pp 1247-1250.

- Treviño, L. M. y A. Celis.** 1994. Uso de Soya en Acuicultura. Memorias del 2o. Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mendoza, R., D. Ricque y E. Cruz (Eds.). 7-9 noviembre de 1994. FCB/UANL. Monterrey, N.L., México. 17 pp. Tucker, C.S
- Tucker, C.S.** 1985. Channel Catfish Culture. Elsevier Science Publishers. Netherlands. 657 pp.
- Tucker, C.S. and E.H. Robinson.** 1990. Channel Catfish Farming Handbook. Van Nostrand Reinhold. USA. 454 pp.
- Vohra, P. and F.H. Kratzer.** 1991. Evaluation of Soybean Meal Determines Adequacy of Heat Treatment. Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akiyama, D.M. and R.K.H. Tan (Eds). September 19-25, 1991. Thailand and Indonesia. ASA/Singapore. pp 116-120.
- Webster, C.D., L.G. Tiu and J.H. Tidwell.** 1994. Effect of Totally Replacing Fish Meal with Soybean Meal and Supplemental Methionine on Growth of Blue Catfish (*Ictalurus furcatus*). Book of abstracts. Aquaculture '94. January 14-18, 1994. New Orleans, Louisiana, U.S.A.. pp 185. Edited by the World Aquaculture Society, Baton Rouge, U.S.A.. 368 pp.
- Webster, C.D. J.H. Tidwell, L.S. Goodgame, D.H. Yancey, L. Mackey.** 1992. Use of Soybean Meal and Distillers Grains with Solubles as Partial or Total Replacement of Fish Meal in Diets for Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. Aquaculture, 106:301-309.
- Wilson, R.P. and W.E. Poe.** 1986. Resultados Obtenidos en la Alimentación de Pececillos Bagre de Canal al Utilizar Pasta de Soya con Diferentes Actividades Inhibidoras que Afectan su Crecimiento. ASA/México. A.N. No. 45. 5 pp.
- Wilson, R.P.** 1991. Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. Handbook of Nutrient Requirements of finfish. C.R.C. Press. Mississippi, U.S.A. pp 35-53.
- Wilson, R.P.** 1993. Nutrient Requirements in Channel Catfish. Memorias del 2o. Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mendoza, R., D. Ricque y E. Cruz (Eds.). 7-9 noviembre de 1994. FCB/UANL. Monterrey, N.L., México. 15 pp.
- Woodroffe, J.M.** 1993. Dry Extrusion Applications in the Feed Industry. American Soybean Association. Technical Bulletin. AQ40 1993/5: 1-16.
- Yam, K.L., B.K. Gogoi, M.V. Karwe and S.S. Wang.** 1994. Shear Conversion of Corn Meal by Reverse Screw Elements during Twin-Screw Extrusion at Low Temperatures. Journal of Food Science-Volume 59, No. 1, 1994: pp 113-114.



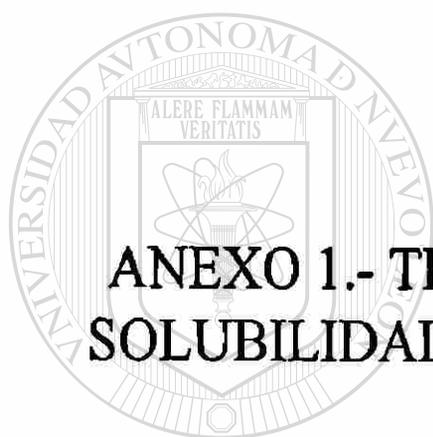
ANEXOS.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ANEXO 1.- TECNICAS DE ANALISIS DE SOLUBILIDAD DE PROTEINA, CALCIO Y FOSFORO.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DETERMINACION DE LA SOLUBILIDAD DE LA PROTEINA EN PASTA DE SOYA.

Método propuesto para macro-kjeldahl
(Técnica de Rine Hart, citada por Dale Nick, 1992).

A) REACTIVOS.

- Hidróxido de potasio (KOH) 0.2 % (0.042 normal, pH 12.5).
- Los otros reactivos normalmente usados son los normalmente usados para la determinación de proteína por el método kjeldahl.
- Para preparar el reactivo KOH, tomar 2.36 g de KOH en una probeta graduada, disolver con agua y diluir hasta 1000 ml. Recuerde compensar por el porcentaje de pureza del KOH).

B) PROCEDIMIENTO.

- 1) 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 minutos.
- 2) Transferir 50 ml del líquido a un tubo de centrifuga y centrifugar durante 10 minutos a 2700 rpm.
- 3) Tomar 15 ml para la determinación de la proteína por el método de kjeldahl.
- 4) De acuerdo con este procedimiento, los 15 ml son equivalentes a 0.3 gramos de la muestra original.

C) CALCULOS :

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

NOTA : Se debe tener cuidado cuando se comparan diferentes harinas de soya, que tenga tamaño de partícula diferente. El tiempo de mezclado debe ser controlado adecuadamente para tratar todas las muestras en forma similar.

DETERMINACION DE CALCIO

Método de Absorción Atómica Digestión vía seca con espectrofotómetro de Absorción Atómica
Marca Zeiss Germany FMD4 (Perkin Elmer Corp., 1986).

A) APARATO: Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

B) REACTIVOS:

1) HCl 20 % y La_2O_3 5 %

2) Solc. Std de CaCO_3

Secar en la estufa CaCO_3 , a 70 °C/i H. Disolver 2.497 g de CaCO_3 en 5 ml de Hcl concentrado, y aforar a 1000 ml con agua destilada. Esta solución contiene 1000 mg/l de Calcio= 1000 ppm.

C) PREPARACION DE LA CURVA STD.

Para la preparación de la curva de calibración o std, de la solución anterior preparar una disolución de 100 ppm, y a partir de ésta hacer estándares de 1, 5, 10, 20, 40, 60 ppm. Para un volumen de aforación de 25 ml hacer lo siguiente:

STD ppm	ml a tomar de std de 100 ppm	*ml La_2O_3 5 %	Vol. de aforación en ml
5	1.25	5	25
10	2.5	5	25
20	5	5	25
40	10	5	25
60	15	5	25
100	**2.5	5	25

*La dilución final del La_2O_3 5 % debe ser del 1 % en el vol. de aforación total de cada std.

**Para este std, tomar 2.5 ml de la solución 1000 ppm.

D)PREPARACION DE LA MUESTRA.

Pesar 1 g de la muestra seca en un crisol de porcelana, carbonizándola completamente en mechero Bunsen hasta ausencia de humo, y se calcina en la mufla a 500 °C/3 H. Se deja enfriar y se le añaden aprox. 5-10 ml de HCl 20 % hasta disolver la ceniza y la solución se filtra en papel whatman 41 (filtración rápida libre de cenizas).

A partir de esta solución, y en función del volumen de aforación a emplear (100, 50, 25 o menos ml). agregar La_2O_3 al 5 % o menor concentración, de tal manera que la dilución final del mismo sea 1 %, una vez aforado con agua destilada.

Si no se va a leer inmediatamente, guardar en refrigeración a 4 °C hasta su uso. Leer los std a 422.7 nm (ver condiciones del aparato para leer las muestras). Asimismo, preparar un blanco para leer antes de cada muestra, el cual lleva los mismos reactivos que la muestra problema.

Con los valores de la concentración de los std en ppm y su absorbancia, calcular su coeficiente de regresión y correlación, el valor a de intercepción de la recta y el valor b de la pendiente. Debe haber linealidad entre los valores de absorbancia de los stds de calcio elaborados.

E) CONDICIONES DE TRABAJO DEL EQUIPO PARA LECTURA DE MUESTRAS Y STDS.

- 1) $\lambda = 422.7 \text{ nm}$
- 2) Lámpara de cátodo hueco de calcio
- 3) Apertura de diafragma (slit): 0.25 mm
- 4) Altura del quemador (burner) : 4-6
- 5) Filtro (barrier filter): 0
- 6) Gas oxidante : aire
- 7) Corriente de lámpara: 15 mA
- 8) Gas combustible : Acetileno.

F) CALCULO DE LA CONCENTRACION DE Ca EN LA MUESTRA.

1) Determinar ppm de muestra en alicuotas tomadas para dilución y lectura en espectrofotómetro.

2) Calcular la concentración en ppm de Ca en la curva std a partir de la fórmula $x = y - a/b$, donde:

x= mg de Ca en la curva std

y= absorbancia registrada

a= valor de intercepción de la recta

b=valor de la pendiente

3) Calcular el % de Ca en la muestra a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Calcio} = \left(\frac{\text{ppm Ca en curva std}}{\text{ppm muestra en alicuota}} \right) 100$$

DETERMINACION DE FOSFORO

Método espectrofotométrico de Molibdovanadofosfato. Acción final.
(AOAC, 1992)

A) APARATOS.

Espectrofotómetro de luz visible.

B) REACTIVOS.

1) Preparación de la solución de molibdovanadato.

Disolver 40 g de molibdato de amonio $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ en 400 ml de agua caliente, y enfriar. Disolver 2 g de metavanadato de amonio (NH_4VO_3) en 250 ml de agua caliente, enfriar, y adicionar 450 ml de HClO_4 (ácido perclórico) al 70 %. Añadir gradualmente y con agitación constante la solución enfriada de molibdato sobre la de vanadato, y finalmente diluir a 2 l.

2) Soln. Patrón de fosfato.

Secar fosfato monopotásico anhidro (KH_2PO_4) (52.15 % de P_2O_5) 2 horas a 105 °C. Pesar 0.439 g de KH_2PO_4 y se diluyen en 100 ml de agua destilada (contiene 100 mg de fósforo, que equivale a 0.1 % de fósforo; al hacer la aforación encontramos 1 mg P/ml de solución), donde :

$$\text{PM } \text{KH}_2\text{PO}_4 = 136.09$$

$$\text{PM P} = 31.0$$

$$x = 136.09 \times 0.1/31 = 0.439 \text{ g}$$

3) Preparación de la curva de calibración

Para la preparación de los diversos stds, de la solución anterior se toman cantidades ascendentes en ml, desde 0.1 a 5 ml. Para conocer la concentración final de fósforo en mg/ml, dividir la alícuota tomada en ml entre el volumen de aforación (100 ml). Esto permitirá conocer en que rango de concentración se encuentran los stds preparados.

Agregar a cada matraz 20 ml de la soln. de molibdovanadato y se afora a 100 ml con agua destilada, se agita y se deja reposar por 10 minutos, y se lee la absorbancia a 400 nm en un espectrofotómetro. Con los valores de concentración de std en mg/ml y su absorbancia, determinar su coeficiente de regresión y correlación, el valor A de intersección de la recta y el valor b de la pendiente.

D) PREPARACION DE LA MUESTRA.

Pesar 1 g de muestra seca en un crisol de porcelana, carbonizándola completamente en un mechero Bunsen hasta ausencia de humo, y se calcina en la mufla a una temperatura de 600 °C/2 H, se deja enfriar y se le añaden 40 ml de HCl 25 % (puede ser menos según el volumen del crisol), varias gotas de HNO₃ concentrado y se calienta hasta ebullición (eliminación de materia orgánica). Una vez frío, se transfiere a un matraz volumétrico de 100 ml, se añaden 20 ml de la solución de molibdovanadato de amonio, se afora con agua destilada y se homogeniza. Se deja reposar por 10 minutos y se determina su absorbancia a 400 nm en el espectrofotómetro de luz visible.

E) CALCULO DE LA CONCENTRACION DE P₂O₅ EN LA MUESTRA.

1) Determinar mg de muestra en alícuotas tomadas para dilución y lectura en espectrofotómetro.

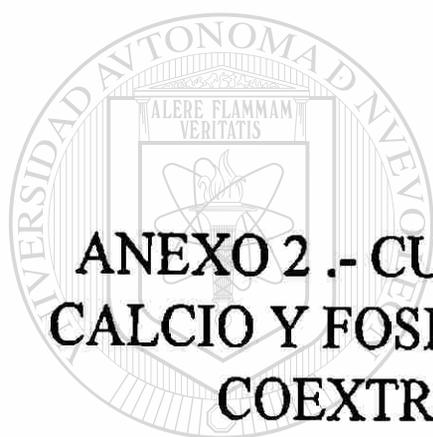
2) Calcular la concentración en mg/ml de P₂O₅ en la curva std, a partir de la fórmula $x = y - a/b$, donde x= mg de P₂O₅ en la curva std, y= absorbancia registrada, a=valor de intercepto de la recta y b=valor de la pendiente.

3) Calcular el % de P₂O₅ en la muestra:

$$P_2O_5 = \left(\frac{\text{mg } P_2O_5 \text{ en curva std}}{\text{mg de muestra en alícuotas}} \right) \times 100$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**ANEXO 2 .- CURVAS DE CALIBRACION DE
CALCIO Y FOSFORO PARA INGREDIENTES,
COEXTRUIDOS Y ALIMENTOS .**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CURVAS DE CALIBRACION DE CALCIO EMPLEADAS EN INGREDIENTES , ALIMENTOS Y COEXTRUIDOS.

Las curvas de los incisos a y b fueron hechas en el espectrofotómetro de Absorción Atómica del Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Biológicas (UANL), a cargo de la QBP MC Adriana Núñez. La curva del inciso c fue hecha en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía (UANL) en Marín, N.L.

a) Para coextruidos , subproductos de carpa herbívora y doble coextruido soya-camarón se usó la siguiente ecuación :

$$y = - 0.00067 + 0.000375 x$$

$$r = 0.9993$$

$$r^2 = 0.9985$$

donde y= absorbancia y x= ppm de Ca en la curva std. Los resultados obtenidos se muestran en las tabla 51 y figura 48.

Tabla 51.- Valores obtenidos para la curva std de calcio empleada para coextruidos, subproductos de carpa herbívora y doble coextruido soya-camarón.

Concentracion Std ppm	Absorbancia Observada $\lambda = 422.7$ nm	Absorbancia Corregida $\lambda = 422.7$ nm
20	0.007	0.007
40	0.014	0.014
60	0.022	0.022

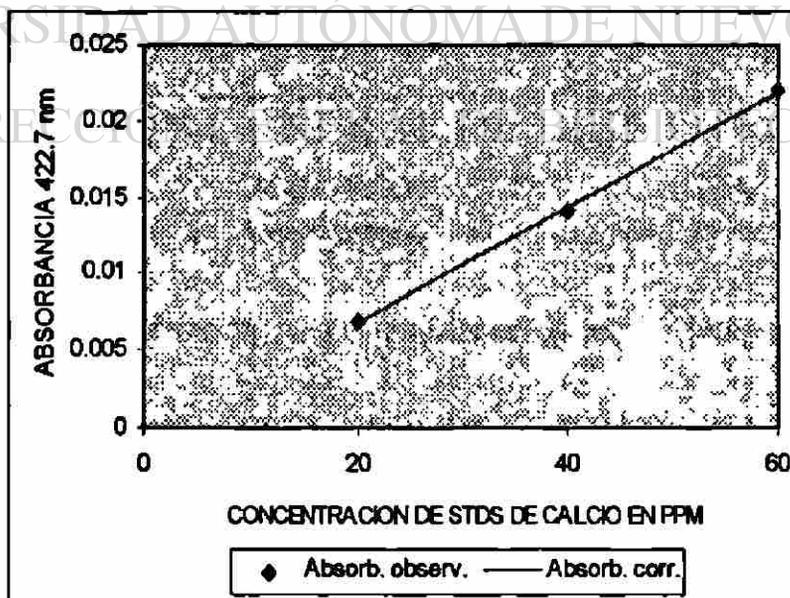


Fig 48.- Curva de calibración para determinación de calcio en coextruidos , subproductos de pescado y doble coextruido soya-camarón.

b) Para sorgo se usó la siguiente ecuación:

$$y = -0.0013 + 0.000375 x$$

$$r = 0.9820$$

$$r^2 = 0.9643$$

donde y= absorbancia y x= ppm de Ca en la curva std. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 52 y fig. 49.

Tabla 52.- Valores obtenidos para la curva std de calcio, empleada para sorgo.

Concentración Std ppm	Absorbancia Observada $\lambda = 422.7$ nm	Absorbancia Corregida $\lambda = 422.7$ nm
20	0.007	0.006
40	0.012	0.014
60	0.022	0.021

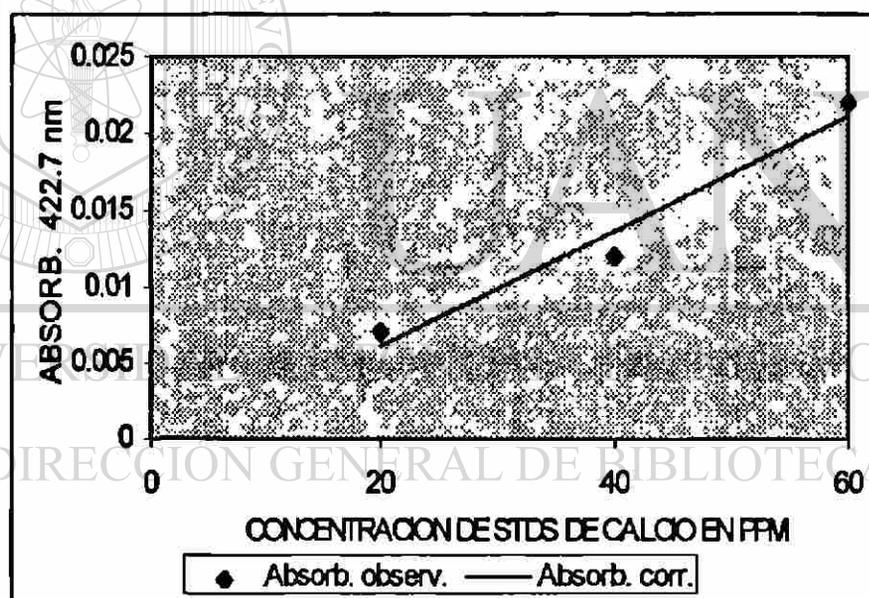


Fig. 49.- Curva de calibración para determinación de calcio en sorgo

c) Para pasta de soya, alimentos extruídos, harina de subproductos animales, harina de sangre y alimento comercial "As" se usó la siguiente ecuación:

$$y = 0.049 + 0.017 x$$

$$r = 0.9946$$

$$r^2 = 0.9891$$

donde y= absorbancia y x= ppm de Ca en la curva std. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 53 y fig 50.

Tabla 53.- Valores obtenidos para la curva std de calcio, empleada para pasta de soya. alimentos extruídos, harina de subproductos animales, harina de sangre y alimento comercial "As".

Concentración Std ppm	Absorbancia	
	Observada $\lambda = 422.7 \text{ nm}$	Corregida $\lambda = 422.7 \text{ nm}$
10	0.266	0.222
20	0.422	0.395
40	0.703	0.742
60	0.994	1.088
100	1.843	1.781

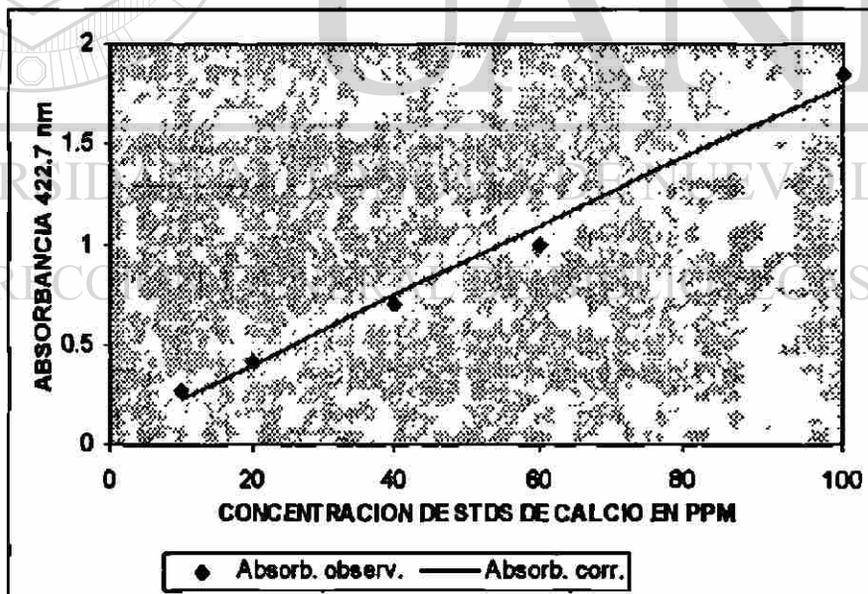


Fig. 50.- Curva de calibración para determinación de calcio en pasta de soya. alimentos extruídos, harina de subproductos animales, harina de sangre y alimento comercial "As".

CURVAS DE CALIBRACION DE FOSFORO EMPLEADAS EN INGREDIENTES , ALIMENTOS Y COEXTRUIDOS.

a) Ecuación de la recta usada para pasta de soya, coextruidos, subproductos de carpa herbívora , sorgo y doble coextruido soya-camarón a 410 nm.:

$$y = -0.061 + 69.599 x$$

$$r = 0.9987$$

$$r^2 = 0.9974$$

donde y= absorbancia y x= mg de P₂O₅ en la curva std. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla y figura .

Tabla 54.- Valores obtenidos para la curva std de fósforo, empleada para pasta de soya, sorgo y subproductos de pescado.

Concentracion Std mg/ml	Absorbancia Observada λ= 410nm	Absorbancia Corregida λ= 410 nm	% C.V..
0	-0.0	-0.0611	---
0.002	0.0659	0.0781	1.45
0.005	0.2691	0.2869	0.06
0.01	0.5826	0.6349	0.05
0.03	2.0481	2.0269	0.71

C.V.= % del coeficiente de variación de la absorbancia observada.

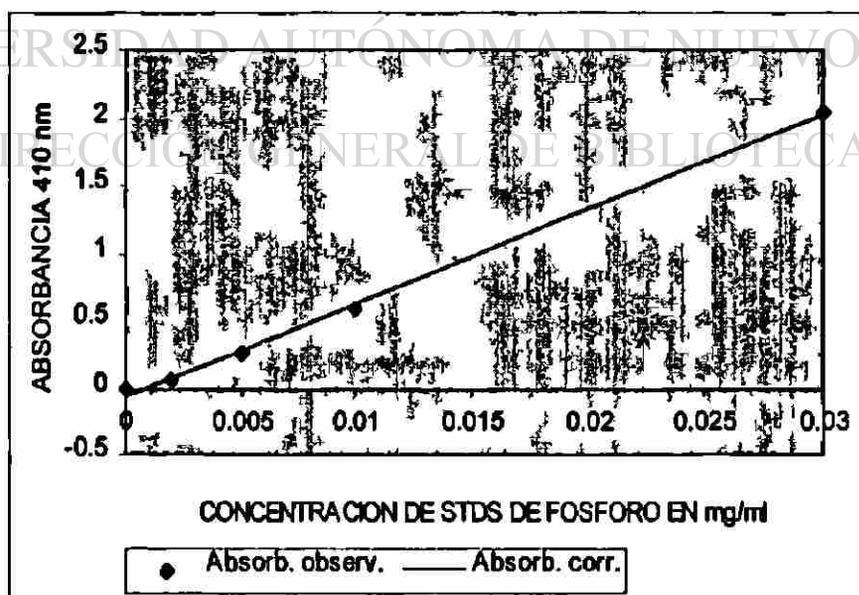


Fig. 51.- Curva de calibración para determinación de fósforo en pasta de soya, sorgo y subproductos de carpa herbívora.

b) Ecuación de la recta para harina de subproductos animales, harina de sangre, alimentos extruídos alimento comercial "As" a 400 nm.

$$y = 0.004 + 85.096x$$

$$r = 0.9996$$

$$r^2 = 0.9993$$

donde y= absorbancia y x= mg de P₂O₅ en la curva std. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas y fig.

Tabla 55.- Valores obtenidos para la curva std de fósforo, empleada en harina de subproductos animales, harina de sangre, alimentos extruídos alimento comercial "As".

Concentracion Std mg/ml	Absorbancia Observada λ= 410 nm	Absorbancia Corregida λ= 410 nm	% C.V.
0	0.0001	0.0045	173.20
0.002	0.1408	0.1747	0.14
0.005	0.4423	0.4300	0.06
0.01	0.894	0.8554	0.05
0.03	2.5447	2.5573	0.71

% C.V.= % del coeficiente de variación de la absorbancia observada.

Aunque el % C.V. para el primer std de fósforo es muy alto (173 %) se usó porque el valor para la absorbancia observada es casi nulo (0.0001).

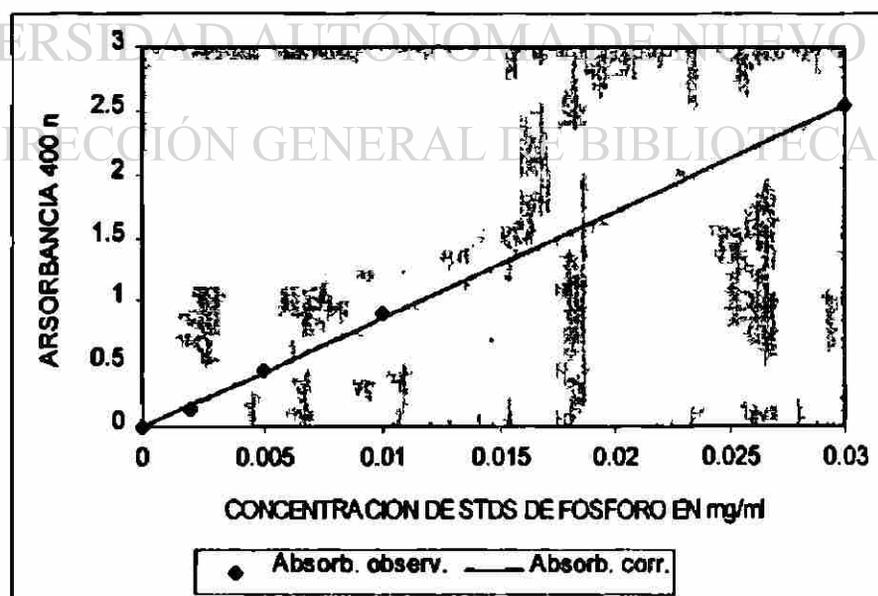
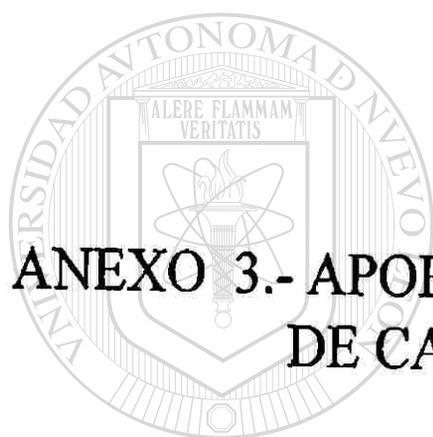


Fig. 52.- Curva std para la determinación de fósforo en harina de subproductos animales, harina de sangre, alimentos extruídos alimento comercial "As".



ANEXO 3.- APORTE TEORICO DE NUTRIENTES DE CADA INGREDIENTE.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA 56.- APORTE DE NUTRIENTES TEORICO DE CADA INGREDIENTE.

NUTRIENTE	INGREDIENTES					
	UNIDADES	PASTA DE SOYA	SOYA EXTR.	SORGO	*HSA	H. DE SANGRE
BASE HUMEDA						
PROTEINA	%	47.29	46.95	12.38	53.25	86.12
GRASA	%	0.29	0.75	2.04	25.00	0.27
CENIZA	%	6.69	6.76	1.81	12.62	3.12
FIBRA	%	3.16	4.11	2.87	2.36	0.31
E.L.N.	%	34.57	30.59	71.23	2.07	5.18
HUMEDAD	%	8.00	8.11	9.66	4.70	4.99
EN. BRUTA	%	4.09	4.11	3.81	5.44	5.06
ARGININA	%	3.20	3.37	0.43	3.19	3.58
HISTIDINA	%	1.13	1.18	0.26	1.65	5.18
ISOLEUCINA	%	2.15	2.26	0.50	1.70	0.91
LEUCINA	%	3.46	3.63	1.60	4.53	10.98
LISINA	%	2.83	2.98	0.28	3.34	7.45
METIONINA	%	0.55	0.58	0.15	0.67	0.88
CISTINA	%	0.79	0.83	0.22	0.43	0.72
FENILALANINA	%	2.24	2.35	0.62	3.39	5.89
TIROSINA	%	1.40	1.47	0.46	1.14	2.26
TREONINA	%	1.75	1.84	0.40	2.09	3.63
TRIPTOFANO	%	0.67	0.71	0.12	0.58	1.04
VALINA	%	2.13	2.24	0.58	3.53	7.53
SERINA	%	2.24	2.35	0.55	0.00	3.53
GLICINA	%	1.92	2.02	0.38	0.00	3.83
CALCIO	%	0.28	0.28	0.04	1.79	0.14
FOSFORO	%	0.65	0.66	0.25	1.10	0.12
POTASIO	%	2.09	2.11	0.35	3.09	0.04
COLORO	%	0.04	0.04	0.09	1.72	0.12
MAGNESIO	%	0.29	0.29	0.16	2.37	0.10
SODIO	%	0.04	0.04	0.03	1.67	0.18
AZUFRE	%	0.46	0.46	0.13	0.58	0.16
COBRE	mg/Kg	24.42	24.68	10.08	4.64	3.79
FIERRO	mg/Kg	126.37	127.69	45.35	1587.91	1317.67
MANGANESO	mg/Kg	30.80	31.12	16.12	30.18	2.84
SELENIO	mg/Kg	0.32	0.32	0.44	60.36	0.00
ZINC	mg/Kg	45.66	46.14	0.17	206.61	0.00
BIOTINA	mg/Kg	0.33	0.33	0.38	0.33	0.29
COLINA	mg/Kg	2672.03	2668.89	663.51	2678.57	612.90
ACIDO FOLICO	mg/Kg	0.72	0.71	0.20	0.72	0.41
NIACINA	mg/Kg	28.62	28.59	39.15	28.69	22.47
C. PANTOTENIC	mg/Kg	16.66	16.64	11.24	16.70	3.27
VIT. B6	mg/Kg	6.13	6.13	4.52	6.15	4.60
RIBOFLAVINA	mg/Kg	2.96	2.96	1.20	2.97	2.96
TIAMINA	mg/Kg	5.72	5.72	4.22	5.74	0.31
VIT. B12	mg/Kg	0.00	0.00	0.00	0.00	12.26
VIT. E	mg/Kg	3.07	3.06	10.04	3.07	0.00
VIT. K	mg/Kg	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00

*HSA = Har. de subprod. animales;

TABLA 56 (CONTINUACION).-APORTE DE NUTRIENTES TEORICO DE CADA INGREDIENTE.

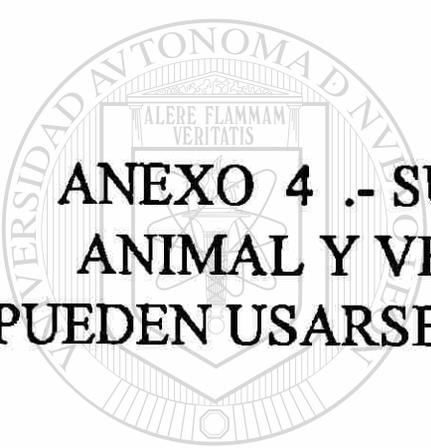
NUTRIENTE	INGREDIENTES					
	H.DE PESCADO	**SCH	AC. DE SOYA	COE 70S:30P	COE 60S:40P	COE 50S:50P
BASE HUMEDA						
PROTEINA	70.26	17.42	0.00	48.21	48.67	49.02
GRASA	4.45	3.92	100.00	1.96	2.87	4.41
CENIZA	11.95	3.77	0.00	8.14	8.61	8.55
FIBRA	0.96	0.00	0.00	2.01	2.16	2.23
E.L.N.	9.32	0.53	0.00	33.43	31.99	30.50
HUMEDAD	3.05	74.36	0.00	6.23	5.70	5.28
EN. BRUTA	4.74	1.37	0.00	4.26	4.31	4.41
ARGININA	4.50	1.12	0.00	3.24	3.26	3.28
HISTIDINA	1.61	0.44	0.00	1.16	1.18	1.19
ISOLEUCINA	3.06	0.80	0.00	2.20	2.22	2.24
LEUCINA	5.06	1.38	0.00	3.57	3.62	3.67
LISINA	5.23	1.54	0.00	3.07	3.19	3.31
METIONINA	2.04	0.64	0.00	0.72	0.81	0.90
CISTINA	0.73	0.21	0.00	0.77	0.77	0.76
FENILALANINA	2.64	0.62	0.00	2.20	2.19	2.16
TIROSINA	2.14	0.57	0.00	1.45	1.47	1.49
TREONINA	2.84	0.75	0.00	1.83	1.86	1.90
TRIPTOFANO	0.74	0.17	0.00	0.66	0.65	0.64
VALINA	4.20	1.12	0.00	2.30	2.38	2.46
SERINA	2.58	0.00	0.00	1.97	1.85	1.69
GLICINA	4.31	0.00	0.00	1.69	1.59	1.46
CALCIO	2.52	0.68	0.00	0.67	0.93	1.41
FOSFORO	1.91	0.66	0.00	0.96	1.08	1.21
POTASIO	1.23		0.00			
CLORO	1.13		0.00			
MAGNESIO	0.17		0.00			
SODIO	0.68		0.00			
AZUFRE	0.52		0.00			
COBRE	6.83		0.00			
FIERRO	142.33		0.00			
MANGANESO	6.83		0.00			
SELENIO	2.16		0.00			
ZINC	149.16		0.00			
BIOTINA	0.51		0.00			
COLINA	5570.39		0.00			
ACIDO FOLICO	0.32		0.00			
NIACINA	89.57		0.00			
C. PANTOTENIC	17.70		0.00			
VIT. B6	5.06		0.00			
RIBOFLAVINA	10.64		0.00			
TIAMINA	0.42		0.00			
VIT. B12	452.08		0.00			
VIT. E	23.18		0.00			
VIT. K	2.32		0.00			

**SCH=Subprod. de carpa herbivora; S=Pasta de soya, P=Subprod. de carpa herbivora. No se ha determinado vitaminas y minerales para peces de agua dulce, excepto calcio y fósforo, que fueron determinados en el lab.

El área sombreada corresponde a lo analizado en el laboratorio.

Los valores de aminoácidos de H.S.A. y carpa herbivora fueron tomados de Tacon, 1989.

Todos los demás valores fueron tomados de NRC, 1983.



**ANEXO 4 .- SUPLEMENTOS DE PROTEINA
ANIMAL Y VEGETAL Y DE ENERGIA QUE
PUEDEN USARSE EN ALIMENTOS PARA BAGRE.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

SUPLEMENTOS DE PROTEINA ANIMAL Y VEGETAL Y DE ENERGIA QUE PUEDEN USARSE EN ALIMENTOS PARA BAGRE.

Los alimentos comerciales para bagre están compuestos de una mezcla de ingredientes, premezclas de vitaminas y minerales, que proveen las cantidades adecuadas de nutrientes esenciales, así como la energía necesaria para su utilización (Li and Robinson, 1994). La mayoría de los ingredientes contienen más de 20 % de proteína cruda, por lo que son considerados suplementos proteínicos, y menos de 20 % de proteína cruda, suplementos de energía (Hardy, 1989, Tucker and Robinson, 1990, Li and Robinson, *op. cit.*,).

A continuación se cita una breve descripción de varios de estos ingredientes, que pueden usarse en alimentos para bagre:

PASTA DE SOYA.

Es preparada por extracción con solventes para producir una harina de 44 % de proteína cruda o por descascarado y extracción de solventes para producir una harina de 48 % de proteína. Es la mayor fuente de proteína en alimentos para bagre. Contiene factores antinutricionales que son inactivados durante el tratamiento con calor y proceso de extracción (Tucker, 1985, Hardy, *op. cit.*, Tucker and Robinson, *op. cit.*, Li and Robinson, *op. cit.*,). Aunque el bagre parece ser particularmente sensible a los inhibidores de tripsina encontrados en la harina de soya procesada por calor (Robinson et al, 1989, citado por Tucker, *op. cit.*), y el ácido fitico parece no ser afectado por el calor (Hardy, *op. Cit.*).

Es altamente palatable y digestible para bagre. Tiene el mejor perfil de aminoácidos de todas las fuentes de proteína vegetal comunes, conteniendo altos niveles de lisina y otros aminoácidos esenciales (Tucker and Robinson, 1990, Li and Robinson, 1994).

Tucker and Robinson (*op. cit*) mencionan que se pueden incluir niveles del 40-60 % en alimentos comerciales para bagre, aunque Li and Robinson (1994) mencionan que niveles superiores al 60 % de inclusión han sido usados en alimentos comerciales de la misma especie sin efectos detrimentales.

HARINA DE SOYA CALENTADA CON GRASA (SOYA INTEGRAL).

Se prepara por molienda y calentamiento del frijol de soya con grasa (Li and Robinson, 1994).

Contiene 39 % de proteína y 18 % de grasa (Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, *op. cit.*).

Es raramente usada en alimentos para bagre por su alto contenido de grasa. Debe usarse limitadamente en estos alimentos, de tal forma que el nivel de grasa en el alimento terminado no exceda del 6 % (Tucker and Robinson, *op. cit.*, Li and Robinson, *op. cit.*).

HARINA DE ALGODON EXTRAIDA POR SOLVENTES.

Se obtiene por molienda de la torta que queda después que el aceite ha sido extraído por solventes (Li and Robinson, *op. cit.*).

El producto contiene generalmente 41 % de proteína. Es deficiente en lisina (sólo 66 % de la lisina total es biológicamente disponible en alimentos para bagre). Contiene gopiol libre y ácido ciclopropenoico, que pueden ser tóxicos, aunque estos niveles se encuentran por debajo del nivel tóxico en las harinas disponibles (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, *op. cit.*). El bagre puede tolerar arriba de 900 ppm de gopiol libre sin efectos detrimentales en el crecimiento. Altos niveles deprimen el crecimiento y la eficiencia alimenticia (Tucker, *op. cit.*; Tucker and Robinson, *op. cit.*).

Niveles de esta harina no deben exceder del 30 % en alimentos para bagre, a menos que se suplemente con lisina, pudiéndose incluir el ingrediente hasta en un 50 %. Se incluye en un 15 %-20 % en alimentos para bagre sin suplementación de lisina (Tucker and Robinson, *op. cit.*; Mendoza, 1993; Li and Robinson, 1994).

HARINA DE CACAHUATE.

Se obtiene por molienda de los cacahuates con cáscara, retirándoles el aceite, ya sea mecánicamente o por extracción con solventes (Li and Robinson, *op. Cit.*). Los cacahuates son susceptibles a la contaminación con el moho *Aspergillus flavus*, la cual produce aflatoxinas, por lo que la harina que los contiene no debe ser usada en alimentos para bagre (Tucker, 1985).

La harina de cacahuate extraída por solventes contiene 48 % de proteína (Li and Robinson, 1994) y el extraído mecánicamente contiene 45 % de proteína, arriba de 7 % de grasa y 10-13 % de fibra. Es deficiente en lisina (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990) y tiene factores antinutricionales no conocidos (Li and Robinson, 1994).

Es usada en pequeñas cantidades o muy rara vez en alimentos para bagre por su bajo contenido en lisina y por su disponibilidad esporádica (Tucker, *op. cit.*; Tucker and Robinson, *op. cit.*; Li and Robinson, *op. cit.*). Cerca de un 15-20 % se incluye en alimentos comerciales típicos para bagre, sin suplementación con lisina y sin efectos detrimentales (Tucker and Robinson, *op. cit.*; Li and Robinson, *op. cit.*).

HARINA DE CANOLA.

Es preparada de una semilla de colza especial por extracción con solventes para retirar el aceite, la cual es baja en glucosinolatos y ácido erúico, que puede ser detrimental para crecimiento en peces (Lovell, 1989 y Lovell, 1991, citados por Mendoza, 1993; Li and Robinson, *op. Cit.*).

Contiene desde 36.5 - 42 % de proteína (Lovell, 1989 y Lovell, 1991, citados por Mendoza, *op. cit.*; Li and Robinson, *op. cit.*) y es relativamente baja en lisina (Li and Robinson, *op. cit.*).

Es palatable para bagre y puede ser usado en niveles arriba de 20-25 % sin lisina suplemental (Li and Robinson, *op. Cit.*) o hasta un 36 %, con buen crecimiento y tasa de conversión alimenticia, y más allá de este porcentaje se afectaba la sobrevivencia (Mays and Brown, 1993, citados por Mendoza, 1993).

GRANOS SECOS DE DESTILERIA CON SOLUBLES.

Son residuos de fermentación primaria, después de remover el alcohol por destilación, de la fermentación de levaduras de granos de cereales (Webster et al, 1992; Li and Robinson, 1994).

Contiene aproximadamente 27 % de proteína y es altamente palatable para bagre (Li and Robinson, *op. cit.*).

Se pueden usar niveles arriba del 25-30 % en alimentos para bagre. Si se usan niveles más altos, puede ser necesario suplementar con lisina (Webster et al, 1992; Li and Robinson, *op. Cit.*).

HARINA DE GIRASOL.

Es preparada de la molienda de los residuos remanentes después de la extracción mecánica o por solventes del aceite de las semillas de girasol. La harina de girasol sin cáscara es preparada de las semillas del girasol después que se retira la cáscara (Li and Robinson, *op. cit.*)

La harina de girasol extraída por solventes contiene aproximadamente 44 % de proteína. La cáscara no es retirada fácilmente, por lo que contiene alrededor del 13 % de fibra. Se encuentra en niveles más altos en las harinas en las que no se retira la cáscara (Li and Robinson, *op. cit.*)

Se usa en alimentos para bagre para reemplazar parte de la harina de soya. Su bajo contenido en lisina y nivel alto de fibra limita su utilidad en alimentos para bagre. Un nivel de cerca del 20 % sin suplementación con lisina es aceptable (Li and Robinson, *op. cit.*).

HARINA DE SANGRE.

Es preparada de sangre animal limpia y fresca, excluyendo pelo, desechos estomacales y orina, excepto en cantidades traza, que son inevitables (Hardy, 1989; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, *op. cit.*). La mayoría de la harina de sangre puede producirse por secado por aspersion, en tambor y secado en anillo (Harvery, 1992, citado por Mendoza, 1993; Li and Robinson, *op. Cit.*), después que una evaporación al vacío en una baja temperatura inicial ha reducido el contenido de humedad en cerca del 70 %. Otros procesos de secado incluyen el secado por flash in it off y secado convencional en un cocedor (Hardy, 1989).

Contiene de 80-86 % de proteína y es una excelente fuente de lisina (9-11 %), con una disponibilidad superior al 80 % (Hardy, *op. cit.*; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, 1994).

Tucker and Robinson (1990) mencionan que la harina de sangre es impalatable para ciertos peces, pero después de un cierto periodo de aclimatación, el alimento es aceptado por los bagres, y que niveles del 1-2 % son usados en algunos alimentos comerciales para bagre, aunque Li y Robinson (1994) mencionan que los niveles no deben exceder del 5 %.

HARINA DE SUBPRODUCTOS ANIMALES.

Son derivados de las empacadoras de carne, procesamiento de aves de corral y otros subproductos animales procedentes de rastros. El contenido de proteína después del secado varía de 50-85 %, y hay estándares establecidos para la calidad de las proteínas, generalmente un nivel mínimo de digestibilidad de pepsina (Hardy, 1989).

La composición de aminoácidos esenciales de la harina de subproductos de pescado es similar a la proteína de huevo entero. Son buenas fuentes de lisina, pero son pobres en metionina y cistina, que pueden ser limitantes en dietas formuladas (Hardy, *op. cit.*).

HARINA DE CARNE Y HUESO.

Es el producto seco derivado de tejido de res o cerdo, y no debe contener sangre, pelo, cuerno, pezuña, cuero, recortes, estiércol o contenidos de estómagos y rumen, excepto en cantidades que son inevitables durante el proceso (Tucker, 1985; Hardy, *op. cit.*; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, 1994).

Contiene cerca del 50 % de proteína, la cual es relativamente de buena calidad. Contiene considerablemente menos lisina que la harina de pescado, pero tiene un mejor balance de aminoácidos que la mayoría de las proteínas vegetales, excepto la pasta de soya (Tucker, *op. cit.*; Hardy, *op. cit.*; Tucker and Robinson, *op. cit.*; Li and Robinson, *op. Cit.*). Tiene como aminoácido limitante el triptofano, el cual debe complementarse (Mendoza, 1993). Es una buena fuente de calcio y fósforo (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, 1994), teniendo para calcio de 8.8-12 % y para fósforo más del 4.4 % (Hardy, 1989).

Es relativamente alta en grasa (8-11 %) (Tucker, 1985) y de 9.1 a 9.7 % (Hardy, 1989), siendo una buena fuente de energía digestible para bagre (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990). Su alto contenido en ceniza puede limitar su uso por un posible ímbalance de minerales (Tucker, *op. cit.*; Tucker and Robinson, *op. cit.*; Li and Robinson, 1994).

La harina de carne y hueso puede variar en su calidad por las diferentes cantidades de hueso y tendón presentes, y puede mezclarse en algunas ocasiones con harina de pluma para incrementar el contenido de proteína de la harina. La calidad de harina de pluma es bastante pobre y no es digerida por el bagre a menos que sea hidrolizada durante el proceso, por lo que la

harina de carne y hueso usada para bagre debe estar libre de harina de pluma (Tucker, *op. cit.*; Tucker and Robinson, *op. Cit.*).

Por su calidad variable y alto contenido en ceniza, el máximo nivel recomendado en alimentos para bagre es del 15 % (Tucker, *op. cit.*; Tucker and Robinson, *op. cit.*; Li and Robinson, 1994). Es usado en alimentos comerciales para bagre en combinación con o en lugar de harina de pescado (Tucker, *op. Cit.*) Una combinación de harina de carne y hueso con harina de sangre es también usado en alimentos para bagre para reemplazar parte de la harina de pescado (Tucker and Robinson, 1990; Webster et al, 1992) hasta en un 50 % de la misma (Robinson, 1990, citado por Mendoza, 1993). Es usada en algunas ocasiones en alimentos para bagre en una tasa del 4 % para reemplazar parte de la harina de pescado (Tucker and Robinson, 1990).

HARINA DE PESCADO.

Es preparada por cocción de pescado entero o desechos de proceso de pescado (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, *op. Cit.*), tales como sábalo, arenque o pescado blanco, anchoveta (Li and Robinson, 1994).

Las harinas de pescado contienen de 60-80 % de proteína de excelente calidad, que es altamente palatable para bagre, y puede ser usado como attractante. Es alta en energía digestible, en minerales (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, *op. cit.*) y ácidos grasos esenciales (Li and Robinson, *op. cit.*), particularmente ácidos grasos n-3 de cadena larga; que son esenciales para muchos peces y puede ser esencial para bagre (Tucker and Robinson, 1990). La harina de pescado es alta en aminoácidos esenciales (Hardy, 1989), particularmente lisina y metionina (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990).

El contenido de grasa varía de 4-20 % (Tucker, *op. cit.*; Hardy, 1989) y el contenido de ceniza es altamente variable, variando en 10 % para harinas de arenque, a 23 % en harinas de pescado blanco, hechas de desechos de fileteado (Hardy, 1989). El sobrecalentamiento durante el proceso puede reducir la disponibilidad de nutrientes (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990).

Se usa en niveles superiores al 50 % en alimentos para alevines de bagre y superior al 12 % en alimentos para pequeños juveniles (Li and Robinson, 1994).

HARINA DE DESECHOS DE BAGRE.

Se prepara de los desechos de procesado de bagre, principalmente cabezas, esqueletos y órganos viscerales (Li and Robinson, *op. Cit.*) por cocción de los desechos, presionando para retirar agua y aceite, y entonces se seca (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990).

Es buena fuente de calcio y fósforo. Contiene aproximadamente 50 % de proteína y de 8-15 % de grasa (Tucker, *op. cit.*). Es de mejor calidad nutricional que la harina de carne y hueso, pero no tan buena como la harina de sábalo. Es altamente palatable para bagre, y no ha sido

usada en alimentos comerciales y rara vez es usada debido a que no está disponible en cantidades suficientes a través de la estación de crecimiento (Tucker, *op. Cit*; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, 1994).

HARINA DE SUBPRODUCTOS DE AVES DE CORRAL.

Es elaborada de los desechos generados de las plantas de procesamiento de aves de corral, como partes de carcas de aves matadas. Contiene cabezas, patas, huevos subdesarrollados y órganos viscerales, pero no contiene plumas ni contenidos de mollejas e intestinos (Hardy, 1989; Li and Robinson, 1994). El material remanente después que los pollos son despielados es procesado y secado (Hardy, *op. cit.*).

El contenido de ceniza no puede ser mayor al 16 %, de la que no puede haber más del 4 % de ceniza insoluble en ácido (Hardy, *op. cit.*). El producto contiene aproximadamente 59 % de proteína de buena calidad y 13 % de grasa (Hardy, *op. cit.*; Li and Robinson, 1994).

Rara vez es usada en alimentos para bagre, porque no está disponible a un costo razonable por unidad de proteína (Li and Robinson, *op. cit.*).

HARINA DE PLUMA.

Está hecha de plumas de aves de corral muertas, las cuales han sido hidrolizadas bajo presión en presencia de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y secadas (Hardy, 1989; Mendoza, 1993; Li and Robinson, *op. cit.*). El problema que se presenta es que la presión, temperatura y tiempo varían con respecto al tipo particular de plumas (edad y región corporal) y la especie (Mendoza, *op. cit.*).

Tiene un contenido de proteína de 80-85 % y al menos 75 % de la proteína debe ser digestible por el método de digestibilidad con pepsina (Hardy, 1989; Li and Robinson, 1994). La calidad de la proteína no es tan buena como otras fuentes de proteínas animal (Li and Robinson, *op. cit.*).

Su uso en alimentos está restringido por su baja digestibilidad en proteína para peces (52.4 -70.5 %) (NRC, 1981, citado por Hardy, 1989) y por su variabilidad en el proceso, teniendo en general una composición poco fiable, por lo que no se incorpora en más del 5 % en los alimentos (Gill, 1989, citado por Mendoza, 1993). En alimentos para bagre puede ser usado en cantidades del 5-10 %, pero rara vez es usada (Li and Robinson, 1994).

SUPLEMENTOS DE ENERGIA.

Son ingredientes que contienen menos del 20 % de proteína cruda. Incluyen granos y subproductos de granos y grasa animal o aceite vegetal. Las fuentes de energía usadas en alimentos comerciales para bagre incluye maíz y sus subproductos, trigo, trigo de calidad media, grasa animal y aceite de pescado (Li and Robinson, *op. cit.*).

La digestibilidad de los carbohidratos de los granos es muy variable entre peces. Especies carnívoras, tales como salmónidos, derivan muy poca energía de los alimentos improcesados. Especies omnívoras, tales como carpas, derivan una alta cantidad de energía de los almidones de granos (Hardy, 1989).

MAIZ Y SUBPRODUCTOS DE MAIZ.

Son usados combinadamente en alimentos comerciales para bagre como fuentes baratas de energía (Li and Robinson, 1994).

Contiene del 8-9 % de proteína y contribuye con algo de proteína y aminoácidos al alimento. Es bajo en lisina y triptofano (Tucker, 1985). La cocción mejora la digestibilidad de la energía del maíz para bagre (Tucker, *op. cit.*; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, 1994). El maíz contiene un pigmento amarillo, la xantofila, que al ser incluido en altas cantidades, muestra un acumulamiento en la carne del bagre, dándole una coloración amarillenta, que es indeseable para el consumidor (Li and Robinson, *op. cit.*).

Se ha usado en alimentos para bagre arriba del 45 % sin efectos adversos (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, *op. cit.*), específicamente en alimentos extruidos, donde el almidón es esencial para la expansión requerida para flotabilidad del alimento. Las aflatoxinas pueden ser un problema en maíz contaminado (Tucker, *op. cit.*). El valor de energía digestible del grano de maíz y sus subproductos es cercano a 1,150 Kcal/lb (Li and Robinson, 1994).

TRIGO.

Es una buena fuente de energía para bagre, pero es más caro que el maíz (Tucker, 1985; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, *op. cit.*).

Contiene aproximadamente de 12-13 % de proteína. Su balance de aminoácidos es mejor que el de la mayoría de los granos de cereales. Es muy palatable y digestible y tiene un valor nutricional relativo igual o mejor que el maíz para la mayoría de los animales (Tucker, *op. cit.*).

Se usa de un 2-5 % en los alimentos para bagre por sus propiedades ligantes. Tiene una energía digestible cercana a 1,160 Kcal/lb para bagre (Li and Robinson, 1994).

SALVADO DE ARROZ.

Consiste de la cubierta y el germen del grano de arroz, con cáscara o arroz roto en cantidades inevitables en la molienda del grano (Tucker, 1985; Li and Robinson, *op. cit.*).

Contiene de 12-14 % de proteína cruda, pero es baja en la mayoría de los aminoácidos esenciales (Tucker, *op. cit.*). Es una buena fuente de energía para bagre. Es alto en grasa (12 %) y fibra (12 %), lo que limita su inclusión en alimentos para bagre, en niveles de 3-8 % (Tucker, *op. cit.*; Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, 1994).

GRASAS Y ACEITES ANIMAL Y VEGETAL.

Son fuentes altamente concentradas de energía y ácidos grasos esenciales, además de ser altamente digestibles (Tucker and Robinson, *op. cit.*; Li and Robinson, *op. cit.*). Se rocían sobre el alimento terminado en 1-2 % para reducir finos (Tucker and Robinson, *op. cit.*). El nivel de lípidos en alimentos comerciales para crecimiento rara vez excede del 5-6 % (Robinson and Li, 1995).

Incluyen aceite de desechos de bagre, sebo de res, grasa de aves de corral y aceite de sábalo. El sebo no es recomendado para usar en alimentos en invierno porque es una grasa saturada, que puede causar problemas en temperaturas frías (Li and Robinson, 1994). Pueden usarse aceites vegetales, pero son más caras que la grasa de origen animal, por lo que ésta es preferida (Tucker and Robinson, 1990; Li and Robinson, *op. cit.*).

El aceite de sábalo (alto en ácidos grasos n-3) y aceite de bagre, que es muy similar a la composición de ácidos grasos de res y de aves de corral, son usadas predominantemente en alimentos comerciales para bagre en un 3-4 % (Tucker and Robinson, *op. cit.*; Li and Robinson, *op. cit.* ; Robinson and Li, 1995). El aceite de bagre (1-2 %) se rocía sobre el alimento terminado, a través de toda la estación de crecimiento en Mississippi (Li and Robinson, *op. cit.* ; Robinson and Li, *op. Cit.*). Con frecuencia ambos se mezclan en partes iguales o en una tasa de 75:25 aceite de bagre y aceite de sábalo (Li and Robinson, *op. cit.*).

También se usa en alimentos comerciales para bagre una mezcla de lípidos vegetales y animales, y que son recomendados sobre los aceites de pescado marinos, porque altos niveles de éstos pueden impartir sabor a pescado a la carne del pez. Hay evidencia de que niveles de aceite de pescado de un 2 % en la dieta reduce la sobrevivencia de bagre expuesto a *Edwardsiella ictaluri*, causado probablemente por el efecto inmunosupresor de ácidos grasos n-3.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ANEXO 5.- REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA BAGRE DE CANAL (*Ictalurus punctatus*)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 57 .- Requerimientos cuantitativos de aminoácidos para bagre ^a

Aminoácido	Requirimiento %
Arginina	4.3
Histidina	1.5
Isoleucina	2.6
Leucina	3.5
Lisina	5.1
Metionina ^b	2.3
Fenilalanina ^c	5.0
Treonina	2.0
Triptofano	0.5
Valina	3.0

^a Los requerimientos son expresados como porcentaje de la proteína dietaria.

^b El valor es para requerimiento de aminoácidos azufrados totales(metionina + cistina).

^c El valor es para requerimiento de aminoácidos aromáticos totales (fenilalanina + tirosina).

Fuente: Wilson R.P., 1991, Channel Catfish Nutrition ; Review in Handbook of Nutrient Requirements of Finfish,: 35-53

Tabla 58 .- Signos de deficiencias de vitaminas y niveles minimos de vitaminas requeridos para prevenir signos de deficiencia en bagre.

Vitamina	Signos de deficiencia	Unidad	Requerimiento
LIPOSOLUBLES			
A	Exoftalmia, edema, acidez	IU	1000-2000
D	Baja ceniza en huesos	IU	250-1000
E	Depigmentación de la piel, diatesis exudativa, distrofia muscular, hemólisis eritrocítica, hemosiderosis esplénica y pancreática	IU	50
K	Hemorragia de la piel, tiempo de clotting prolongado	mg	R ^a
HIDROSOLUBLES			
Tiamina	Color de la piel obscuro, desorden neurológico	mg	1.0
Riboflavina	Enanismo, cuerpo corto	mg	9.0
Piridoxina	Coloración azul-verdoso, tétano, desorden nervioso.	mg	3.0
Acido pantoténico	Agallas clubbed, anemia y piel erosionada, barbas, aletas y hocico más bajos.	mg	15
Niacina	Anemia, lesiones de la piel y aletas, exoftalmia	mg	14
Biotina	Anemia, depigmentación de la piel, actividad de la carboxilasa piruvato del hígado reducida	mg	R
Acido fólico	No demostrado	mg	R
B ₁₂	Hematocrito reducido	mg	R
Colina	Intestino y riñón hemorrágico, hígado grasoso.	mg	400
Inositol	No demostrado	mg	NR ^b
Acido ascórbico	Hematocrito reducido, escoliosis, lordosis, se incrementa la susceptibilidad a infecciones bacterianas, formación de colágeno de los huesos reducido, hemorragia externa e interna.	mg	60

^a R= Requerido.

^b NR= No requerido.

Fuente: Robinson E.H.; 1989; Channel Catfish Nutrition; Review s in Aquatic Sciences I:365-391.

Tabla 59.- Signos de deficiencias de minerales y niveles mínimos requeridos para prevenir signos de deficiencia en bagre.

Mineral	Signos de Deficiencia ^a	Requerimientos
MACROMINERALES		
Calcio	Ceniza de huesos reducida	BND ^b <0.1 %, 0.45 % ^c
Fósforo	Reducida mineralización de huesos	0.45 % ^c
Magnesio	Flaccidez muscular, lentitud, magnesio del cuerpo entero, suero y huesos reducido.	0.04 %
Sodio, potasio, cloro y azufre	No determinados	BND
MICROMINERALES		
Cobalto	No determinado	No determinado
Yodo	No determinados	No determinado
Zinc	Actividad de la fosfatasa alcalina del suero y zinc del suero reducidos, calcio y zinc de los huesos reducida	20 mg/Kg
Selenio	Actividades de la glutatión peroxidasa dependiente del selenio del plasma e hígados reducidos	0.25 mg/Kg
Manganeso	No detectado	≤ 2.40 mg/Kg
Hierro	Conteo de eritrocitos, hematocrito y hemoglobina reducidos, niveles de saturación de transferencia y hierro del suero reducidos	30.0 mg/Kg
Cobre	Dismutasa superóxido cobre-zinc hepático reducidos, actividades de la oxidasa citocromo C del corazón reducidas	5.00 mg/Kg

^a Anorexia, pobre ganancia en peso e incremento en la mortalidad son signos de deficiencia comunes para la mayoría de deficiencias en minerales.

^b Bajo nivel de detección bajo condiciones de cultivo normales.

^c Determinadas en aguas de cultivo libres de calcio.

^d Expresado como fósforo disponible.

Fuente: Robinson E.H.; 1989; Channel Catfish Nutrition; Review in Aquatic Sciences 1:365 - 391.

Wilson R.P., 1991, Channel Catfish Nutrition ; Review in Handbook of Nutrient Requirements of

Finfish, :35-53.

Tabla 60.- Restricciones para formulación a mínimo costo para alimentos de crecimiento para bagre.^a

Calificativo	Restricción	cantidad	Unidades
Proteína cruda	Mín.	28	%
Fibra cruda	Máx.	7	%
Lípidos	Máx.	6	%
Fósforo disponible	Mín.	0.4	%
	Máx.	0.7	%
Energía digestible	Mín.	2.8	KCal/g
	Máx.	3	KCal/g
Lisina disponible	Mín.	1.42	%
Metionina disponible	Mín.	0.26	%
Metionina + Cistina disponibles	Mín.	0.64	%
Granos o subproductos de granos	Mín.	25	%
Harina de algodón ^b	Máx.	15	%
Har. de pescado entero	Mín.	2	%
Proteína animal dif. al pescado	Mín.	2	%
Xantofilas	Máx.	11	mg/Kg
Premix vitaminas ^c	incluído	0.5	%
Premix minerales traza ^c	incluído	0.5	%

^aFuente: Robinson, E.H. 1989. Channel Catfish Nutrition. Reviews in Aquatic Sciences 1:365-391 y Robinson E.H. and M.H. Li. 1995. Reviews in Aquaculture Magazine May/June:44-53.

^bPueder usarse niveles más altos si se suplementa con lisina.

^cRecomendaciones conocidas dadas en tabla 58 y 59 .

Tabla 61.- Tablas de alimentación máxima sugerida y frecuencia de alimentación por alevines o pececillos y para bagre food-size a diferentes temperaturas de agua.

Temp. del agua (°C)	Alevines		Peces food-size	
	Frecuencia	Tasa (%)	Frecuencia	Tasa (%)
31 y por arriba	2 veces/día	2	1 vez/día	1
26-30	4 veces/día	6	2 veces/día	3
20-25	2 veces/día	3	1 vez/día	2
14-19	1 vez/día	2	1 vez/día	2
10-13	Días alternados	2	Días alternados	1
9 y abajo	Cada 3o o 4o. día	1	Cada 3o o 4o. día	0.5

Fuente: Wilson R.P., 1991, Channel Catfish Nutrition ; Reviews in Handbook of Nutrient Requirements of Finfish: 35-53.

Tabla 62.- Niveles de nutrientes recomendados para alimentos de crecimiento para bagre.

Nutriente	Nivel Recomend.	Unidad	Comentarios
Proteína	28-32	%	Puede variar dependiendo de la talla del pez, nivel de energía dietario, prácticas de manejo.
Aminoácidos indisp.			
Lisina	5.1	% de prot.	Requerimientos presentados en tabla 57. Generalmente, si los requerimientos de lisina y aminoácidos sulfurados son conocidos, otros aminoácidos serán necesarios, usando al menos ingredientes de uso común en alim. para bagre.
Metionina + cistina	2.3		
Energía digestible	8-10	Kcal/gr	Usar carbohidratos y lípidos como fuente de energía para proteína de reserva para crecimiento.
Lípidos	≤ 6	%	El nivel óptimo no está bien definido, necesario suplementar con ác. Grasos esenciales, considerar efectos sobre la calidad del producto y de manufactura de alimentos: mezclas de grasas animales y vegetales, aceite de bagre u otros aceites de pescado pueden ser usados, altos niveles de aceites de pescados marino puede impartir un sabor "fishy" a la carne.
Carbohidratos	25-35	%	No hay requerimientos dietarios. Alimentos flotantes requieren al menos 25 % de granos para blindaje y buena expansión. Uso de granos o subproductos de granos molidos.
Fibra cruda	6-8	%	Niveles deben ser bajos (<6-8 %) porque es indigestible.
Vitaminas			
Tiamina	11	mg/Kg	Se usa generalmente mononitrato de tiamina .
Riboflavina	13	mg/Kg	
Piridoxina	11	mg/Kg	Se usa generalmente HCl piridoxina .
Acido Pantoténico	35	mg/Kg	Se usa generalmente d-pantotenato de calcio.
Acido nicotínico	88	mg/Kg	Puede ser usado Ac. Nicotínico o nicotinamida.
Biotina	No		Requerido, pero parece que el alimento contiene cantidades adecuadas de biotina sin adición de suplem.
Acido fólico	2.2	mg/Kg	
B ₁₂	0.01	mg/Kg	Requerido, pero cantidades desconocidas. Es sintetizado en el intestino de bagre en presencia de cobalto.
Cloruro de colina (70 %)	275	mg/Kg	Requerimiento determinado usando dietas bajas en metionina. Ningún requerimiento fue demostrado para crecimiento, pero hay problemas de hígado graso en dietas libres de colina. Es abundante en ingredientes, pero es desconocida su disponibilidad biológica. Algunos fabricantes de alimento no usan suplementos de colina.
Inositol	No		Requerimiento no demostrado.
Acido ascórbico ^a	200	mg/Kg	Particularmente sensible a la destrucción durante la manufactura de alimento. Concentración final en el alimento debe estar arriba de los 100 mg/Kg.
A	4400	IU/Kg	Se usa generalmente el acetato ester para mejorar la estabilidad durante el proceso de alimento.
D ₃	2200	UI/Kg	Se usó Esterol animal D-activado como fuente de D3.
E	66	UI/Kg	Se usa DL-alfa-acetato-tocoferol para mejorar la estabilidad.
K	4.4	mg/Kg	Requerido, pero nivel desconocido. Se usa Bisulfito de sodio menadion .

Tabla 62 .- Continuación.

Nutriente	Nivel Recomend.	Unidad	Comentarios
Minerales			
Calcio	No		El bagre absorbe calcio del agua.Requerimiento de 0.45 % es requerido en agua libre de calcio. Con el calcio del agua y el que está inherente en la dieta, no es necesario ningún suplemento adicional.
Fósforo disponible	0.4-0.5	%	Cerca de 1/3 del P de las plantas y ½ de P animal es disponible para bagre. Se usa gralte. Fosfato dicálcico como fuente de fosfato en alimentos para bagre.
Magnesio	No		No es necesario suplementar. Abundante en ingredientes.
Sodio, Potasio y cloro	No		No es necesario suplementar. Abundante en ingredientes.
Azufre	No		No es necesario suplementar.
Cobalto	0.05	mg/Kg	Se usa Carbonato de cobalto para asegurar niveles adec.
Yodo	2.4	mg/Kg	Se usa Yodato de calcio para asegurar niveles adecuados.
Zinc	200	mg/Kg	Acido fitico en alimentos reduce su disponibilidad. Se usa óxido de zinc.
Selenio	0.1	mg/Kg	El nivel máximo permitido por FDA es 0.1 mg/Kg
Manganeso	25	mg/Kg	Acido fitico en alimentos reduce su disponibilidad. Se usa óxido de manganeso.
Hierro	30	mg/Kg	Se usa Sulfato ferroso y carbonato ferroso.
Cobre	5	mg/Kg	Se usa sulfato de cobre como suplemento.

^aRecomendaciones son para peces avanzados (40-50 g) a talla de mercado (0.5 Kg o más grandes),

^bRecomendación para Ac. Ascórbico se basa en el uso de Etil celulosa o una forma cubierta con grasa. Al usar una forma de vitamina más estable, varía acorde el nivel recomendado. Una forma no cubierta se recomienda 375.6 mg/Kg.

Fuentes: Robinson ,E.H. 1989. Channel Catfish Nutrition. Reviews in Aquatic Sciences 1:365-391 y Robinson E.H. and M.H. Li. 1995. Reviews in Aquaculture Magazine May/June:44-53

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**ANEXO 6.- PROVEEDORES DE INGREDIENTES
EMPLEADOS EN DIETAS EXPERIMENTALES
PARA BAGRE.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**PROVEEDORES DE INGREDIENTES EMPLEADOS EN DIETAS
EXPERIMENTALES PARA BAGRE.**

Ingrediente	Presentación	^a Costo \$/Kg	Proveedor	Ubicación de la planta
Pasta de Soya	Granel	2.36	PROTEINAS NATURALES S.A. de C.V.	Guadalupe, N.L.
Aceite de Soya	Granel	4.50	PROTEINAS NATURALES S.A. de C.V.	Guadalupe, N.L.
Sorgo	Granel	1.25	Forrajera Local	Abasolo, Tamps.
Harina de Subprod. Anim.	Sacos de 40 Kg	1.10	APELSA, S.A. de C.V.	El Carmen, N.L.
Harina de Sangre	Sacos de 40 Kg	2.00	APELSA, S.A. de C.V.	El Carmen, N.L.
Subproductos de Pescado	Granel	0.50	ACUMEX, S.A. de C.V. DEPISA	Abasolo, Tamps.
Premix Vitamins	Sacos de 25 Kg	33.00	TECNICAS NUTRICIONALES S.A. de C.V.	San Nicolás de los Garza, N.L.
Premix de Minerales	Sacos de 25 Kg	3.60	TECNICAS NUTRICIONALES S.A. de C.V.	San Nicolás de los Garza, N.L.
^b Antifúngico Dresen	Sacos de 25 Kg	17.00	TECNICAS NUTRICIONALES S.A. de C.V.	San Nicolás de los Garza, N.L.
^c Antioxidante Redox	Sacos de 25 Kg	5.00	TECNICAS NUTRICIONALES S.A. de C.V.	San Nicolás de los Garza, N.L.

^aCostos del mes de Marzo de 1996.

^bAntifúngico Dresen Propical (Propionato de Calcio):

Ingredientes :

Ac. Propiónico	80 %
Hidróxido de Calcio	20 %

Dosis recomendadas:

Alimentos balanceados :	0.50-1.00	Kg/Ton.
Alimentos semihumedos:	0.75-1.50	Kg/Ton.

^cAntioxidante Redox

Dosis recomendadas:

Alimentos balanceados:	130-180	g/ton.
------------------------	---------	--------

