

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



1080072427

**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*)"**

**T E S I S**

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

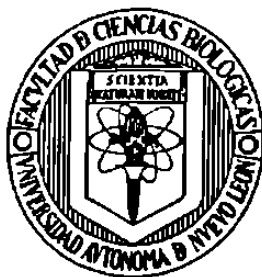
**P R E S E N T A**

***BIOL. MARIO PELCASTRE VILLEGAS***

TM  
SH167  
.B3  
PY



**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*)"**

**T E S I S**

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

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

**BIOL. MARIO PELCASTRE VILLEGAS**

**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.

***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. ♥***



## 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 fileado 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 e 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 extruída) 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 extruída 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

<b>RESUMEN</b>	i
<b>ABSTRACT</b>	ii
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>ANTECEDENTES</b>	3
<b>EXTRUSION</b>	3
Definición	3
Historia	3
Principales componentes de proceso en el extrusor	4
Zonas de proceso	5
<b>EFFECTOS DEL PROCESO DE EXTRUSION SOBRE ALIMENTOS</b>	
<b>ACUICOLAS</b>	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
<b>APLICACIONES DEL PROCESO DE EXTRUSION</b>	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
<b>APLICACION DEL PROCESO EN LA ELABORACION DE COEXTRUIDOS</b>	10
Utilización de subproductos húmedos	10
Coextrusión de subproductos acuícolas con pasta de soya u otros ingredientes	12
Otros coextruídos	14
<b>CULTIVO DEL BAGRE</b>	14
Descripción taxonómica	15
Hábitat	16
Ciclo de vida	16
Requerimientos ambientales	17
Requerimientos nutricionales (ANEXO 5)	157
<b>ORIGINALIDAD</b>	19
<b>HIPOTESIS</b>	19
<b>OBJETIVOS GENERALES</b>	19

## FASE I.- COEXTRUIDOS

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

Capacidad de retención de agua para coextruidos . . . . .	46
<b>ANALISIS DE COSTOS . . . . .</b>	<b>46</b>
Costo estimado de energía eléctrica . . . . .	46
Costo estimado por proceso . . . . .	48
Costo total (\$) por tonelada de coextruidos . . . . .	48
<b>DISCUSIONES . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>DETERMINACION DE PARAMETROS DE PROCESO EN EL EXTRUSOR</b>	<b>52</b>
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
<b>ANALISIS QUIMICOS . . . . .</b>	<b>56</b>
Composición bromatológica de ingredientes y coextruidos . . . . .	56
Determinación de calcio y fósforo de ingredientes y coextruidos . . . . .	58
<b>SOLUBILIDAD DE PROTEINA . . . . .</b>	<b>59</b>
De pasta de soya y subproductos de carpa herbívora sin proceso . . . . .	59
Solubilidad de proteína en coextruidos . . . . .	59
<b>CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA . . . . .</b>	<b>60</b>
<b>ANALISIS DE COSTOS . . . . .</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>64</b>

## **FASE II .- ALIMENTOS EXTRUIDOS FLOTANTES**

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

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

## FASE III.- EVALUACION NUTRICIONAL

<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b>	105
<b>MATERIAL Y METODOS</b>	106
<b>DIETAS EXPERIMENTALES</b>	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
<b>BIOENSAYO</b>	107
Elaboración de jaulas	107
Características de los animales	107
Parámetros físico-químicos	108
Diseño experimental	108
Evaluación biológica	108
Análisis estadístico	109
<b>COSTOS</b>	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
<b>RESULTADOS</b>	110
<b>DIETAS EXPERIMENTALES</b>	110
Composición proximal de doble coextruido camarón-soya	110
Análisis proximal de dietas experimentales	110
<b>BIOENSAYO</b>	111
Evaluación biológica a los 20, 34 y 48 días	111
<b>COSTOS</b>	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
<b>DISCUSIONES</b>	119
<b>EVALUACION BIOLOGICA</b>	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
<b>CONCLUSIONES</b>	122
<b>CONCLUSION GENERAL</b>	123
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	124
<b>ANEXOS</b>	132
<b>ANEXO 1: TECNICAS DE ANALISIS DE SOLUBILIDAD DE PROTEINA, CALCIO Y FOSFORO</b>	133
<b>ANEXO 2: CURVAS DE CALIBRACION DE CALCIO Y FOSFORO PARA</b>	



	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

## 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 <sup>a</sup> . . . . .	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 <sup>a</sup> . . . . .	160

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

## 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