



UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

Maestría en Producción Agropecuaria  
Área Terminal: Pecuaria

---

“APROVECHAMIENTO DEL ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO  
(*Pterygoplichthys spp.*) EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTO  
EXTRUIDO PARA ENGORDA DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)”

## TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA  
CON OPCIÓN TERMINAL EN EL ÁREA PECUARIA

PRESENTA:

MVZ. MONTSERRAT AMPARO LUNA TORRES

DIRECTOR:

DR. Ciencias Biológicas: GUILLERMO SALAS RAZO

Morelia, Mich., 29 de agosto del 2013.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

Maestría en Producción Agropecuaria  
Área Terminal: Pecuaria

---

“APROVECHAMIENTO DEL ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO  
(*Pterygoplichthys spp.*) EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTO  
EXTRUIDO PARA ENGORDA DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)”

## TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA  
CON OPCIÓN TERMINAL EN EL ÁREA PECUARIA

PRESENTA:

MVZ. MONTSERRAT AMPARO LUNA TORRES

Agosto del 2013, Morelia, Michoacán.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

Maestría en Producción Agropecuaria  
Área Terminal: Pecuaria

---

“APROVECHAMIENTO DEL ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO  
(*Pterygoplichthys spp.*) EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTO  
EXTRUIDO PARA ENGORDA DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)”

## TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA  
CON OPCIÓN TERMINAL EN EL ÁREA PECUARIA

PRESENTA:

MVZ. MONTSERRAT AMPARO LUNA TORRES

DIRECTOR:

DR. GUILLERMO SALAS RAZO

CODIRECTOR:

DR. MAURICIO PEREA PEÑA

CUERPO TUTORAL:

M.C. PABLO FLORES PADILLA  
DRA. MARÍA GISELA RÍOS DURAN  
DR. ANTONIO CAMPOS MENDOZA



Enlace - Innovación - Progreso

Este trabajo fue financiado por la Coordinadora de Fundación Produce (COFUPRO), a través del proyecto denominado: “Desarrollo Tecnológico para el Aprovechamiento de los Recursos Locales, en la Producción Sustentable de Alimentos Balanceados para Tilapia y Bagre”



“Tesis apoyada por el Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán”, mediante el programa de “Becas-Tesis para la transferencia de conocimientos y tecnologías”

# CONTENIDO

---

CONTENIDO .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ANEXOS .....	XII
NOTA AL LECTOR .....	13
RESUMEN .....	16
ABSTRACT .....	18
1. INTRODUCCIÓN .....	20
2. ANTECEDENTES .....	23
2.1. SISTEMA PRODUCTO TILAPIA DE MICHOACÁN .....	23
2.1.1. ESTRUCTURA .....	23
2.1.2. SISTEMA DE PRODUCCIÓN .....	24
2.1.3. EL SISTEMA PRODUCTO TILAPIA DE MICHOACÁN DEMANDA ALIMENTO BALANCEADO .....	25
2.2. REQUERIMIENTOS DE LA TILAPIA ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	26
2.3. INDUSTRIA DE ALIMENTOS BALANCEADOS .....	29
2.3.1. EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS .....	30
2.3.2. PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTO EXTRUIDO .....	31
2.4. INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS .....	37
2.4.1. PEZ DIABLO ( <i>Pterygoplichthys</i> spp.) .....	38
2.5. CALIDAD DEL ALIMENTO ACUÍCOLA .....	40
2.6. VALIDACIÓN DEL PRODUCTO ALIMENTICIO POR LOS ACUICULTORES .....	41
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	43
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	45
4. MÉTODO GENERAL .....	46

4.1. VALIDACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA PRODUCTO TILAPIA DE MICHOACÁN.....	46
4.1.1. MATERIAL Y MÉTODO.....	46
4.1.2. RESULTADOS .....	46
4.1.2.1. NECESIDADES DEL PRODUCTOR.....	46
4.1.2.2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	48
4.1.2.3. PRODUCCIÓN DE TILAPIA .....	50
4.1.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES.....	50
4.1.3. IMPLICACIONES .....	50
4.2.DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA PLANTA DE ALIMENTO PARA ELABORAR ALIMENTO EXTRUIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO MEDIANTE UN PROCESO INDUSTRIAL.....	52
4.2.1. EXPLORACIÓN EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EXTRUIDOS AL INCORPORAR EL ENSILADO ÁCIDO DEL PESCADO DIABLO ( <i>Pterygoplichthys spp.</i> )	52
4.2.1.1. MATERIALES Y MÉTODOS .....	52
4.2.1.2. RESULTADOS .....	59
4.2.1.3. IMPLICACIONES .....	61
4.2.2. CAPACIDAD DE INCORPORACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO DURANTE LA ETAPA DE MEZCLADO .....	64
4.2.2.1. MATERIALES Y MÉTODO .....	64
4.2.2.2. RESULTADOS .....	65
4.2.2.3. IMPLICACIONES .....	66
4.3.ELABORACIÓN DE ALIMENTO PARA TILAPIA CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO EN UNA LA INDUSTRIA PRODUCTORA DE ALIMENTOS.....	67
4.3.1.1. MATERIALES Y MÉTODO .....	67
4.3.1.2. RESULTADOS .....	75
4.3.1.3. IMPLICACIONES .....	76

4.4. ESTIMACIÓN DEL PRECIO DEL ALIMENTO PRODUCIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO .....	78
4.4.1. MÉTODO .....	78
4.4.2. RESULTADOS .....	79
4.4.3. IMPLICACIONES .....	80
4.5. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ALIMENTO PRODUCIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO .....	81
4.5.1. MÉTODO .....	81
4.5.1.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS .....	81
4.5.1.1.1. Análisis bromatológico .....	81
4.5.1.1.2. Prueba de almidones.....	82
4.5.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	82
4.5.1.2.1. Características físicas de apariencia .....	82
4.5.1.2.2. Numero de <i>pellets</i> por gramo .....	82
4.5.1.2.3. Tamaño de alimento .....	83
4.5.1.2.4. Porcentaje de polvos finos.....	83
4.5.1.2.5. Densidad del alimento .....	83
4.5.1.2.6. Flotabilidad .....	84
4.5.1.2.7. Hidroestabilidad del alimento .....	84
4.5.1.2.8. Energía bruta .....	85
4.5.2. RESULTADOS .....	86
4.5.2.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS .....	86
4.5.2.1.1. Análisis bromatológico, del alimento final producido. ....	86
4.5.2.1.2. Análisis de Almidones Modificados .....	86
4.5.2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	88
4.5.2.2.1. Características físicas de apariencia .....	88
4.5.2.2.2. Numero de <i>pellet</i> por gramo .....	89
4.5.2.2.3. Tamaño de alimento .....	89
4.5.2.2.4. Porcentaje de polvos finos.....	91
4.5.2.2.5. Densidad del alimento .....	92

4.5.2.2.6. Flotabilidad .....	92
4.5.2.2.7. Hidroestabilidad del alimento .....	94
4.5.2.2.8. Energía Bruta .....	94
4.5.3. IMPLICACIONES .....	95
4.5. EVALUACIÓN DE LA ACEPTACIÓN DEL ALIMENTO PRODUCIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO POR LA TILAPIA.....	97
4.5.1. MATERIAL Y MÉTODO .....	97
4.5.2. RESULTADOS .....	98
4.5.3. IMPLICACIONES .....	99
4.6. VALIDACIÓN DEL ALIMENTO PRODUCIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO POR EL SISTEMA PRODUCTO TILAPIA DE MICHOACÁN. ....	101
4.6.1. MÉTODO .....	101
4.6.2. RESULTADOS .....	105
4.6.2.1. Taller participativo con el Sistema producto Tilapia .....	105
4.6.2.2. Calidad del agua .....	105
4.6.2.3. Ganancia de peso .....	106
4.6.2.4. Ganancia en Talla .....	107
4.6.2.5. Consumo de Alimento .....	108
4.6.2.6. Análisis Estadístico .....	109
4.6.2.7. Supervivencia .....	114
4.6.2.8. Experiencia del Productor .....	115
4.6.3. IMPLICACIONES .....	116
5. RESULTADOS GENERALES .....	118
7. CONCLUSIONES GENERALES.....	123
8. SUGERENCIAS .....	124
9. LITERATURA CONSULTADA .....	125
10. ANEXOS .....	133



## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Procesos para la elaboración de alimento extruido .....	32
Figura 2. Taller participativo con productores del Sistema Producto Tilapia Michoacán.....	47
Figura 3. Diagrama de flujo de la planta de alimentos extruidos .....	54
Figura 4 Mezcla de la dieta utilizada para la prueba de exploración .....	59
Figura 5. Alimento producido durante la prueba de exploración .....	59
. Figura 6 Características de apariencia .....	60
Figura 7 Almidones modificados de alimento extruido .....	61
Figura 8. Incorporación del ensilado en la mezcladora.....	65
Figura 9 Reunión con Directivos de la planta de alimentos de alimentos para la toma de decisión sobre la formulación y elaboración del alimento.....	67
Figura 10 Vaciado de la mezcla en la mezcladora.....	71
Figura 11. Incorporación del ensilado en el proceso de mezclado.....	71
Figura 12. Encostalado de la mezcla para su traslado.....	72
Figura 13. Verificación del grado de cocción de la mezcla .....	72
Figura 14. Medición de temperatura en el acondicionador.....	73
Figura 15. Prueba de flotabilidad durante el proceso de elaboración .....	73
Figura 16. Control de la adición de vapor .....	74
Figura 17 Método de análisis de retención de materia seca de alimento producido .....	85
Figura 18. Presencia de grietas y fracturas del alimento producido con ensilado .....	88
Figura 19. Diámetro del alimento producido con ensilado .....	90
Figura 20. Longitud del aliento producido con ensilado .....	91
Figura 21. Flotabilidad del alimento extruido.....	93
Figura 22 Porcentaje de flotabilidad del alimento producido .....	94
Figura 23. Prueba de aceptación del alimento producido.....	98
Figura 24 . Proceso del consumo de alimento .....	99

Figura 25. Estanque utilizado para realizar la prueba con los productores de tilapia .....	102
Figura 26. Método de la biometría .....	103
Figura 27. Taller participativo con el Sistema Producto Tilapia, de Michoacán ....	105
Figura 22. Ganancia de peso de las tilapias en 48 días .....	107
Figura 23 Ganancia de talla de las tilapias en 48 días .....	108
Figura 24. Consumo de alimento diario en el estanque de prueba .....	109
Figura 25. Pesos de las tilapias al inicio de la prueba .....	110
Figura 26. Pesos de las tilapias al día 16 de la prueba .....	110
Figura 27. Pesos de las tilapias al día 30 de la prueba .....	111
Figura 28. Pesos de las tilapias al día 48 de la prueba .....	111
Figura 29. Tallas iniciales de las tilapias .....	112
Figura 30. Tallas de las tilapias al día 16 de la prueba .....	113
Figura 31. Tallas de las tilapias al día 30 de la prueba .....	113
Figura 32. Tallas de las tilapias al día 48 de la prueba .....	114
Figura 39. Alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo .....	118
Figura 33. Condiciones de operación en la planta de alimentos para la elaboración de alimento extruido con ensilado ácido de pecado diablo .....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Dietas completas, regímenes de alimentación y raciones para .....	28
Tabla 2. Composición Proximal del Ensilado Acido de Pescado Diablo .....	39
Tabla 3. Dieta utilizada para la prueba de exploración .....	55
Tabla 4. Maquinaria y equipo utilizado en la prueba de exploración .....	56
Tabla 5. Composición Proximal del alimento producido en la prueba exploratoria .....	60
Tabla 6. Material y equipo utilizado para determinar la capacidad de la mezcladora .....	64
Tabla 7. Resultados de porcentaje de incorporación del ensilado en la mezcladora .....	66
Tabla 8. Dieta formulada para elaborar alimento acuícola con ensilado ácido de pescado diablo .....	69
Tabla 9 Material y equipo utilizado para determinar las condiciones de operación en la planta de alimentos .....	70
Tabla 10. Condiciones de operación para elaborar el alimento con ensilado .....	75
Tabla 11. Tiempos para incorporar el ensilado para elaborar 2 toneladas de alimento .....	79
Tabla 12 Composición proximal del alimento acuícola elaborado con ensilado ácido de pescado diablo .....	86
Tabla 13. Resultado de Almidones Modificados del alimento extruido .....	87
Tabla 14. Numero de <i>pellets</i> de alimento por gramo .....	89
Tabla 15. Tamaño de alimento producido .....	89
Tabla 17 Densidad del alimento producido .....	92
Tabla 18 Porcentaje de flotación por 24 horas. ....	93
Tabla 19 Retención de materia seca de alimento producido .....	94
Tabla 20. . Parámetros durante la prueba de aceptación .....	106
Tabla 21. Características químicas del alimento producido: Composición proximal .....	120

Tabla 22. Otras características químicas del Alimento producido con ensilado Ácido de pescado diablo .....	120
Tabla 23. Características físicas del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo .....	121

## ANEXOS

---

Anexo 1. Arbol de Problemas del Sistema Producto Tilapia de Michoacan. ....	133
Anexo 2. Matriz de Proyectos y productos esperados para el Sistema Producto Tilapia de Michoacan .....	134
Anexo 3. Constancia de las acciones y metas alcanzadas en el desarrollo y ejecución del proyecto.....	135

# NOTA AL LECTOR

---

---

El Programa de Maestría en Producción Agropecuaria, sancionado por el H. Consejo Universitario con fecha 15 de Marzo de 2013; establece los lineamientos para su operación en su plan de estudios. Determinando en el artículo 28 de las reglas complementarias los requisitos para la obtención del grado que a la letra dice:

*Artículo 28. Requisitos para la obtención del grado. Se otorgará el grado de "Maestría en Producción Agropecuaria", con cualquiera de las siguientes opciones: "Agrícola", "Pecuaria", "Forestal", "Acuícola" o "Agronegocios" al alumno que cumpla con lo establecido en el artículo 71 del Reglamento General de Estudios de Posgrado y con los siguientes requisitos:*

*a) Haber cubierto la totalidad de los créditos.*

*b) Haber entregado y defendido el proyecto de Tesis el cual se define de la siguiente manera:*

*PROYECTO TERMINAL (TESIS). Es un informe académico que se deriva de los estudios realizados y, de acuerdo con el CONACYT (2006), es de carácter profesional, docente o empresarial, en el que el estudiante debe demostrar el dominio de las competencias adquiridas. Es un informe producto del trabajo que puede ser de carácter profesional, experimental o empresarial, según la modalidad escogida por el estudiante (ver Anexo 2), donde tiene que demostrar el dominio de las competencias adquiridas en el programa de la maestría y deberá responder a una problemática relacionada con el área y relevante en nuestro contexto a la cual contribuya a solucionar.*

A su vez el anexo 2 de dicho plan de estudios es más específico al explicar las alternativas para la realización del proyecto de tesis, como a continuación se describe:

## *ANEXO 2*

### *Alternativas para la realización del proyecto de tesis del PMPA*

*Debido a la diversidad de opciones y a los requerimientos de flexibilización de los planes de estudios de esta maestría, se plantean diferentes modalidades para el desarrollo del Proyecto de Tesis, el cual busca dar respuesta a las demandas del campo productivo, así como a los intereses y aptitudes del estudiante.*

*El objetivo de este anexo es clarificar las características generales de cada modalidad que sirvan de guía para a los Comités Revisores, conformados ad- hoc, quienes delimitarán los requisitos, exigencias, aspectos a abordar y los estándares mínimos de calidad requeridos. El proyecto de tesis podrá realizarse a través de alguna de las siguientes opciones:*

#### *1. ESTUDIO DE CASOS*

Es un análisis de una entidad, fenómeno o unidad social de naturaleza particularista, descriptiva y heurística, basada en el razonamiento inductivo. Es particularista porque se centra en una situación, evento o fenómeno específico, el cual en sí mismo es importante por lo que revela del fenómeno y lo que pueda representar. Es descriptivo, porque el producto final es una representación rica y densa del fenómeno a investigar y es heurística, porque ilumina la comprensión del lector del fenómeno objeto de estudio, lo que puede llevar a descubrir nuevos significados, ampliar la experiencia o confirmar lo que se sabe (Pérez, 2001). El estudio de casos puede ser de una empresa, de una actividad productiva, etc.

Los estudios de casos cualitativos son estudios que involucran la exploración detallada a lo largo de un período de tiempo, lo suficientemente extenso, que permita el entendimiento profundo del objeto de estudio y del contexto en que éste se ubica, por medio de métodos múltiples de recolección de datos y múltiples fuentes de información altamente contextualizadas (Cresswell, 1998). Es aplicable en innumerables campos donde se trate de combinar eficazmente la teoría y la práctica.

## 2. ESTUDIOS ECONÓMICOS

Los estudios de este tipo son componentes importantes de la investigación acerca de la efectividad y establecimiento de políticas en los niveles federal, estatal y local en diversos tipos de sistemas educativos. Su propósito es entender los efectos de reformas o políticas en relación con sus costos, contribuciones de la educación al crecimiento económico y al desarrollo, así como acerca del entorno no monetario en educación (Coombs, 1994).

## 3. PROYECTOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

Estos proyectos involucran un proceso de cambio, por medio del cual se intenta alcanzar los objetivos de la actividad productiva con los más altos niveles de logro. Se caracterizan por realizar una descripción especializada de un caso, organizado de acuerdo con las líneas del posgrado. Los aspectos básicos que debe contener el análisis serán: describir el contexto situacional del caso, los principales factores involucrados, los conceptos que se aplican con base en las perspectivas disciplinares actuales, la explicación de los elementos que justifiquen el qué, cómo y cuándo de la problemática, la delimitación de la problemática analizada donde se deben definir sus fronteras e identificar los factores o variables que ocasionan obstáculos en el desarrollo de la institución; así como el análisis de las interrelaciones de los factores o variables seleccionadas.

## 4. DISEÑO, DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN Y MEDICIÓN PRODUCTIVA

Consiste en el diseño, desarrollo y/o validación de un instrumento, técnica o estrategia de evaluación y/o medición, con sus propiedades, limitaciones y fortalezas reportadas; así como sus indicadores de confiabilidad y validez.

## 5. PROGRAMAS DE PREVENCIÓN Y/O INTERVENCIÓN

Consisten en el proyecto de atención, solución y/o prevención de problemas productivas, documentados a través de acciones que evidencien la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes durante el programa de estudio. Será necesario implementar el proyecto (aún en fases piloto o preliminares) y evaluar sus resultados.

## 6. OTROS

*Cualquier otro proyecto propuesto del estudiante por el visto bueno de su asesor, aprobado por el Comité tutorial.*

Por tanto este documento podrá ser de la naturaleza descrita con antelación y con ello cumplir con el objetivo y el enfoque profesionalizante del programa.

***La Coordinación Académica del Programa de Maestría en Producción Agropecuaria con opción terminal en la Áreas: Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Agronegocios.***

## RESUMEN

---

El Sistema Producto Tilapia de Michoacán demanda alimento acuícola a la industria de alimento balanceado de acuerdo a las necesidades de la especie y de los productores, el cual es de precio elevado por su requerimiento de insumos proteicos; es necesario evaluar alternativas de fuentes proteicas disponibles para disminuir el precio del alimento comercial. Una alternativa es el pescado diablo (*Pterygoplichthys spp.*), recurso disponible con excelentes características nutritivas, cuyo aprovechamiento es posible a través de la elaboración de ensilado ácido. Existe información de la aceptación del ensilado como insumo proteico en la alimentación de animales de diferentes especies, pero aún no se ha reportado su aprovechamiento en la industria de alimento balanceado. Por lo anterior, es necesario determinar las condiciones del proceso industrial para incorporar el ensilado ácido de pescado diablo, en la elaboración de alimento extruido para tilapia (*Oreochromis niloticus*) en etapa de engorda.

En el presente trabajo se realizó un estudio exploratorio de campo en la planta de alimentos para determinar la manera de integrar el ensilado ácido de pescado diablo en el proceso de elaboración de alimento extruido para tilapia y la capacidad de incorporación máxima en la maquinaria. Posteriormente, se determinaron las condiciones de operación de la planta de alimentos para elaborar el alimento con el ensilado, formulado con un 32.17 % de proteína cruda y 4.7% de lípidos, considerando los resultados e implicaciones de las pruebas exploratorias, los requerimientos nutricionales y hábitos alimenticios de la tilapia, y la opinión de la empresa elaboradora de alimentos. Durante el proceso de elaboración del alimento se midieron las condiciones de temperatura, humedad, tiempo y presión.

Se determinaron las características fisicoquímicas del alimento producido, Las características químicas mediante un análisis bromatológico y un análisis de los almidones modificados. Las características físicas mediante la evaluación de su apariencia (color, agrietamiento y aglomeramiento), número de *pellets* por gramo, longitud y diámetro, polvos finos, la densidad, la flotabilidad, y la estabilidad del alimento en el agua. Y se estimó el precio del alimento.

Las condiciones de operación de la planta de alimento fueron las siguientes: tiempo de mezclado 3 minutos; durante el paso por el acondicionador, adición de vapor a presión constante de 4 kg/cm<sup>2</sup> y agua a presión constante de 7kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando

temperaturas de 80-90 °C; temperaturas de 110-120 °C en el extrusor; tiempo de secado 30 minutos.

El resultado del análisis bromatológico del alimento producido es: 31.44% de proteína cruda, 6.42% de grasa, 11.23% de cenizas, 48.07% de E.L.N., 5.66% de humedad, y 94.34% de materia seca. Dentro de las características físicas, su tamaño fue de 5.78mm por 5.07 mm, hubo fracturas en un 10%, contenido de polvos finos 6.9 %, densidad de 0.765%, flotación de 95 % por 24 horas, retención de materia seca del 96.8%, almidones amorfos de 95% y gelatinizados de 5 %. El precio del alimento producido fue de \$8.86.

El alimento producido fue evaluado mediante una prueba de aceptación en tilapias con un peso promedio  $63.38\text{gr} \pm 9.8\text{gr}$  y una talla de  $14.87\text{cm} \pm 1.06\text{cm}$ , en tres acuarios con aireación, donde se colocó una tilapia por acuario, se alimentaron ofreciendo el 2% de la biomasa, durante 15 días, dos veces al día, se grabó el momento de la alimentación. Los primeros 4 días no hubo consumo de alimento, del día 5 al 15 el alimento se consumió satisfactoriamente, determinando que el alimento es localizado, capturado e ingerido sin rechazo.

El alimento fue validado por el Sistema Producto Tilapia de Michoacán, para aprobar el alimento desde su punto de vista en cuanto a función y rendimiento. Para tal fin, se llevó a cabo un experimento en cultivo semi-intensivo en estanque excavado de 800m<sup>2</sup> por 1.5 m<sup>2</sup> con una siembra de 3-4 tilapias/m<sup>3</sup> con peso promedio inicial de  $311.24 \pm 79.40\text{gr}$ . Se alimentó durante 48 días de acuerdo al sistema de alimentación de los productores de tilapia, al 1.7% de la biomasa y realizando biometrías cada 15 días, se monitoreó calidad del agua. El peso promedio final obtenido fue de  $514.07 \pm 133.79\text{gr}$ , con un consumo alimento diario de  $5.09 \pm 1.54\text{gr/pez}$ , y una ganancia diaria de  $4.225\text{gr/pez}$ , por lo que la tasa de conversión alimenticia fue de 1.2.

Se obtuvo un alimento extruido elaborado con ensilado ácido de pescado diablo con características competitivas en calidad nutricional y precio. Aceptado satisfactoriamente por las tilapias en etapa de engorda, respondiendo al crecimiento, en aumento de peso y talla, en el tiempo esperado. Esta es solo una alternativa de solución satisfactoria a la demanda de alimento balanceado por parte de los productores del Sistema Producto Tilapia de Michoacán. Los resultados e implicaciones de este trabajo resulta una herramienta útil para abrir las puertas a la investigación.

## ABSTRACT

---

The Tilapia Production System of Michoacán, demand for aquaculture feed pet food industry according to the needs of the species and of the producers, which is high price for their protein intake requirement, it is necessary to evaluate alternative protein sources available to decrease the price of the commercial feed. An alternative is the devil fish (*Pterygoplichthys* spp.) , Available resource with excellent nutritional characteristics , for which use is possible through the development of acid silage . There is acceptance of information as input protein silage in feeding animals of different species, but has not yet reported its use in pet food industry. Therefore, it is necessary to determine the conditions of the industrial process to incorporate acid fish silage devil, in the preparation of extruded feed for tilapia (*Oreochromis niloticus*) in fattening pigs.

In this paper we conducted an exploratory study on the ground field of food to determine how to integrate acid fish silage Devil in the preparation of extruded feed for tilapia and maximum incorporation capacity machinery. Subsequently, we determined the operating conditions of the plant food to make the food to silage, formulated with proetina 32.17 % of crude and 4.7% of lipids, for which we considered the results and implications of screening tests, the nutritional requirements and eating habits of tilapia, and the opinion of the food processing company.

During the preparation of food are measured conditions of temperature, humidity, time and pressure. And physicochemical characteristics were determined for the food produced, chemical characteristics by compositional analysis and an analysis of the modified alimidones. The physical characteristics by assessing appearance (color , cracking and crowding ) , number of pellets per gram , length and diameter , dusts , density , buoyancy , and stability of the food in the water ( water stability ) . and estimated the price of food.

Operating conditions of food plant were: Mixing time 3 minutes while passing through the conditioner addition of steam at a constant pressure of 4 kg/cm<sup>2</sup> and

constant pressure water 7kg/cm<sup>2</sup>, reaching temperatures of 80-90 ° C , temperatures of 110-120 ° C in the extruder , drying time 30 minutes.

The results of the compositional analysis of the food produced is: 31.44 % crude protein , 6.42 % fat, 11.23 % ash , 48.07 % of ELN , 5.66 % moisture, 94.34 % dry matter .. Among the physical characteristics, its size was about 5.07 mm 5.78mm , there fractures by 10% , content of fine powders 6.9 % , 0.765 % density , 95% flotation for 24 hours , retained 96.8% dry matter , 95% of amorphous starches and gelatinized 5%. The price of food produced was \$ 8.86.

The food produced was evaluated by an acceptance test of tilapia with an average weight 63.38gr ± 9.8gr and a size of 14.87cm ± 1.06 cm in three aquaria with aeration , which placed a tilapia aquarium, offering fed 2 % body weight for 15 days , twice daily , was recorded when the alimentación.Los first 4 days there was no consumption of food, the day 5 to 15 the food was consumed successfully , determining that food is located , captured and ingested without rejection.

The food was validated by the System Product Tilapia of Michoacán, to approve food from their point of view in terms of function and performance. To this end , we carried out an experiment in semi - intensive culture pond of 800m<sup>2</sup> excavated by 1.5 m<sup>2</sup> with a 3-4 seed tilapias/m<sup>3</sup> with initial average weight of 311.24 ± 79.40 gr. Were fed for 48 days according to the power system of tilapia producers , to 1.7 % of the biomass and performing biometry every 15 days , water quality was monitored . Final weight obtained was 514.07 ± 133.79 g , with daily food consumption of 5.09 ± 1.54 g / fish , and a daily gain of 4.225 g / fish , so that the feed conversion ratio was 1.2 .

Was obtained kibble made with devil fish silage acid with competitive features in nutritional quality and price. Successfully accepted by tilapia in fattening pigs in response to growth in height and weight gain in the expected time. This is just an alternative satisfactory solution to the demand for food from producers balanceadopor Product System Tilapia of Michoacan. The results and implications of this work is a useful tool to open the door to the investigation.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

La actividad acuícola en México se ha venido incrementando significativamente en los últimos 20 años, principalmente en las especies de ostión, camarón, tilapia y bagre, desde sistemas extensivos hasta sistemas intensivos, representando actualmente el 30% del volumen pesquero anual (Comité Sistema Producto Tilapia de México, 2009).

La expansión de la producción acuícola, combinada con el incremento de las prácticas de producción intensivas, así como la administración de alimento balanceado, son las principales causas para mejorar la eficiencia de los alimentos, reduciendo los costos e incrementando la producción de los mismos, razón por lo cual, la comercialización de alimentos balanceados es decisiva en el crecimiento de la acuicultura.

Actualmente la industria de alimentos balanceados para la acuicultura representa el segmento de más rápido crecimiento dentro del sector agropecuario, incrementándose hasta un 8% cada año a nivel mundial (Rust et al, 2012). En México, en los últimos cinco años, se registró un crecimiento del 150%, a pesar de que, presenta un desafío la elaboración de alimento acuícola para el fabricante, debido al medio acuático donde el alimento tiene que ser depositado e ingerido y al tamaño pequeño del *pellet* en comparación con el proporcionado a los animales terrestres (FAO, 2003).

El principal reto que tienen los fabricantes de alimento balanceado en México, en el corto plazo, es el abasto de materias primas de calidad suficiente, que soporten este ritmo de crecimiento, la diversificación hacia otras especies, y al mismo tiempo aumentar el volumen con una disminución en el precio de venta. Esto ha provocado la búsqueda de alternativas de insumos proteicos disponibles para su aprovechamiento y que sean de menor costo, para poder ofrecer en el mercado un alimento competitivo en calidad y precio (Moncada, 2000).

Una alternativa de insumo es el pescado diablo (*Pterygoplichthys spp.*), debido a que esta especie no es explotada en México y ha preocupado por su rápida expansión; por sus propiedades nutricionales, puede ser aprovechado como una buena fuente proteínica (Martínez-Palacios *et. al.*, 2010) a través de la elaboración de ensilado ácido, contribuyendo al control y manejo de esta especie, aprovechando sus propiedades nutritivas (Reyes, 2010), así como a la generación de una nueva actividad económica.

Existe documentación de la aceptación del ensilado ácido pescado diablo como insumo proteico, utilizándose como parte de la dieta en algunas especies domésticas, sin embargo, aún no se ha reportado su aprovechamiento en la industria de alimento balanceado. De ahí la necesidad de documentar las condiciones del proceso industrial, necesarias para incorporar el ensilado ácido de pescado diablo, en la elaboración de alimento extruido para tilapia, y las características del alimento producido.

El alimento acuícola debe reunir las características físicas y químicas para asegurar su consumo, debido a que es la base en la producción de cultivos de tilapias, y uno de los principales medios que existe para incrementar la rentabilidad, dependiendo con que intensidad se practique la acuicultura (Watanabe, 2002) y a las técnicas de alimentación inciden directamente en la eficiencia de conversión alimenticia de los peces y por consecuencia de su crecimiento, además, están relacionados con los estímulos externos e internos que afectan la sensación de apetito en los peces (Toledo, 2012).

Para incrementar la rentabilidad de la granja, es importante asegurar un alimento digerible y asimilable por la especie, y tener un buen consumo de alimento, una baja tasa de conversión alimenticia, animales sanos y un incremento en los rendimientos de producción en la granja. Es necesario utilizar un alimento de buena calidad, determinado por sus características fisicoquímicas (Balfour, 1993).

De la misma manera, es importante la experiencia del productor al utilizar los alimentos balanceados para incrementar su productividad en la granja, inclusive, los expertos en mercadotecnia aseguran que la experiencia derivada de la observación, participación y vivencia de un evento es una de las maneras de añadir el valor a la compra de un producto (Alfaro *et al*, 2012).

El presente trabajo describe el desarrollo de una investigación aplicada permitiendo que los impactos sean observados en el entorno de la cadena de producción, integrada por los productores acuícolas del Sistema de Producto Tilapia de Michoacán, empresarios de la Industria de Alimentos Balanceados y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Esta investigación se desarrolló con la finalidad de satisfacer la demanda del Sistema Producto Tilapia de Michoacán, mediante la elaboración de un alimento competitivo en calidad y precio, para tilapias en etapa de engorda, aprovechando un recurso disponible en la región como lo es el pescado diablo. Al final de la investigación, se validó el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo, mediante pruebas de aceptación de la tilapia en etapa de engorda, bajo el sistema de producción del Sistema Producto Tilapia de Michoacán.

Por la complejidad del trabajo de investigación, la metodología general se dividió por apartados de cada uno corresponde a un objetivo específico, describiendo en cada uno su método, resultados e implicaciones, y en la parte final del documento se indican los resultados generales, las conclusiones y sugerencias.

## 2. ANTECEDENTES

---

### 2.1. SISTEMA PRODUCTO TILAPIA DE MICHOACÁN

El Sistema Producto Tilapia de Michoacán A. C., es una asociación civil constituida conforme a las leyes Mexicanas, el 21 de Febrero del 2007. El grupo fue formado con la finalidad de alcanzar un objetivo común: la producción, comercialización, distribución y transformación de un producto alimenticio para consumo humano, que incremente su nivel de ingresos. Su misión y visión son:

#### MISIÓN

Ser un grupo solidario y exitoso en la producción y comercialización de tilapia, con responsabilidad social y ambiental, reconocidos por la calidad del producto, lo que permita incrementar nuestro nivel de ingresos y nuestro bienestar.

#### VISIÓN

Que las granjas integradas al Sistema Producto Tilapia Michoacán estén tecnológicamente bien equipadas y preferentemente certificadas, manteniendo el equilibrio con el medio ambiente y con líneas genéticas de alta calidad y marca colectiva, lo que permita que el producto sea bien identificado y tenga un alto nivel de ventas aseguradas por volumen, con alta rentabilidad y centros de acopio de alimento y producto, así como contar con una dispersora de crédito propia (Siprotmich, 2012).

#### 2.1.1. ESTRUCTURA

El Sistema Producto Tilapia de Michoacán para lograr sus objetivos se encuentra organizado, por un comité y mesa directiva por parte de productores. El último cambio de la mesa directiva se realizó el 29 de septiembre de 2012 con un periodo de 3 años.

El Comité Sistema Producto Tilapia está compuesto por eslabones

- Eslabón de producción
- Eslabón de insumo biológico
- Eslabón de insumo alimento balanceado

- Eslabón de comercialización
- Eslabón sanidad e inocuidad
- Eslabón de investigación

El eslabón de producción está conformado por 41 productores de Tilapia en el Estado de Michoacán se encuentran ubicados principalmente en los municipios de Briseñas, Chilchota, Pajacuarán, Sahuayo, Venustiano Carranza, Yurécuaro, Cojumatlán de Regules, Ixtlán, Marcos Castellanos, Nuevo Urecho, Tanhuato, Villa Mar, Zamora, y Lázaro Cárdenas.

### 2.1.2. SISTEMA DE PRODUCCIÓN

El sistema de producción es el proceso mediante el cual sus elementos son transformados en productos útiles, mediante un procedimiento organizado para lograr la transformación de los insumos en productos (Riggs J., 2009).

En el sistema de producción de tilapia, requieren elementos o insumos con el objetivo de transformar alevines en tilapias con un peso comercial. Los principales elementos utilizados para realizar la transformación en su producto son: material biológico (alevines); alimento (natural y/o balanceado); cal para desinfectar; medicamento en algunos casos; maquinaria básica (motobombas para desaguar, *güiros*, retroexcavadoras para rehabilitación de estanques); equipo (red, atarrayas, tubos, oxímetros, aireadores, malla ciclónica, hieleras, mesas de acero inoxidable, utensilios, lavaderos); infraestructura (estanques) y recursos humanos.

Las unidades de producción del Sistema Producto Tilapia de Michoacán producción son pequeñas, no cuentan con tecnificación y equipamiento adecuados para lograr aumentar la producción a los niveles deseados. Sin embargo, generan un gran número de empleos.

Las unidades de producción son operadas y administradas por miembros de la familia, lo que hace de la acuacultura una actividad productiva generadora de empleos, tanto permanentes como temporales.

Los productos que genera el sistema producto tilapia son: Tilapia entera fresca y eviscerada, tilapia entera eviscerada congelada, filete de tilapia fresco y filete de tilapia congelada, algunos productores le dan a sus productos un valor agregado en la venta en restaurantes.

El Sistema Producto Tilapia cuenta con su propio punto de venta, donde se ofrece los productos mencionados anteriormente.

Se comercializa en los restaurantes de los productores, preparados de diferentes platillos, también a pie de granja, se vende a compradores ubicados a pie de playa, algunos productores la distribuyen en los mercados regionales y/o nacionales (Siprotmich, 2012).

### 2.1.3. EL SISTEMA PRODUCTO TILAPIA DE MICHOACÁN DEMANDA ALIMENTO BALANCEADO

La Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce A. C., Unidad Operativa Michoacán a través del programa de desarrollo de capacidades, innovación tecnológica y extensionismo rural, con el propósito de captar las demandas y contribuir al mejor uso de los recursos asignados, realizó el Taller de Planeación Participativa “Captación de la demanda de proyectos de Investigación, Validación y Transferencia de Tecnología para la estructuración de la Agenda de Innovación Estatal 2011” mediante el cual identificó las demandas de proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología a corto, mediano y largo plazo, que complementen y actualicen para el Desarrollo Rural Sustentable de los Sistemas Producto, entre estos la del Sistema Producto Tilapia de Michoacán.

Como parte de los resultados en la identificación los problemas del Sistema Producto Tilapia de Michoacán realizando el "Árbol de Problemas" (anexo 1), de donde priorizaron los siguientes puntos críticos:

1. Alto precio del insumo (preparar alimentos propios).
2. Desconocimiento de instalaciones de producción para la cría de Tilapia.
3. Desconocimiento de tecnología para acortar ciclos de producción.
4. Desconocimiento del proceso físico de selección y manejo de producción para producto de exportación.

Apoyados en la priorización de los puntos críticos, definieron el proyecto de investigación y transferencia de tecnología denominado "Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de los recursos locales, en la producción sustentable de Alimentos Balanceados para Tilapia y Bagre" (anexo 2) de cual se espera como producto: Alimentos balanceados más económicos, usando los recursos locales disponibles, atendiendo a la demanda de disponer de alimento balanceado en calidad y cantidad propio de acuerdo a las necesidades del Sistema, además de contar con la tecnología para la producción de alimento balanceado. Y así, contribuir al desarrollo competitivo y sustentable del sector agropecuario y acuícola de Michoacán (COFUPRO, 2011).

## 2.2. REQUERIMIENTOS DE LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

Los requerimientos nutricionales para la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en etapa de engorda (200-600gr), son los siguientes:

- Proteína: El crecimiento óptimo depende de la calidad y fuente de proteína de su dieta. Para la etapa de engorda la tilapia requiere un 30% de proteína (NRC, 2011). La mejor digestibilidad de la proteína ocurre a los 25°C (Stickney, 1997).
- Lípidos: 5% mínimo (NRC, 2011). Se reporta un mayor crecimiento y mejor eficiencia en el uso de proteínas para las dietas con 10-15% de lípidos (Ng and Chong, 2004).

- Carbohidratos: La tilapias pueden utilizar eficientemente 35-40% de carbohidratos digeribles (NRC, 2011).
- Vitaminas: En los sistemas de cultivo semi-intensivos de tilapia no es necesario suministrar suplementos vitamínicos, pero, en sistemas de cultivo intensivos, donde los alimentos naturales disponibles son limitados, las vitaminas suelen ser necesarias para un óptimo crecimiento y salud de la tilapia (El-Sayed, 2006).

Los peces comen principalmente para satisfacer sus requerimientos de energía, por lo tanto, el contenido de energía digerible de la dieta determinará la cantidad de alimento consumido. Esto es, los animales alimentados con dietas bajas en energía requieren una ingestión del alimento más alta que los animales alimentados con raciones energéticamente más altas (Tacon, 1989).

Debido a que los requerimientos de energía de un organismo son directamente proporcionales a la actividad metabólica, el alimento ingerido y la frecuencia de la alimentación deben ser medidos a tasas declinantes graduales con el incremento del tamaño del pez (Tacon, 1989).

Varios investigadores han propuesto tablas indicando el régimen de alimentación para la tilapia (tabla 1).

Tabla 1. Dietas completas, regímenes de alimentación y raciones para Tilapia ( <i>O. niloticus</i> )			
Peso del pez (g)	Tasa de alimentación (% peso cuerpo/día)	Peso del pez (g)	Tamaño alimento <sup>3</sup> (diámetro mm)
0-5	30 disminuyendo a 20	0-1	< 0.5-1.5
5-20	14 disminuyendo a 12	1-30	1-2
20-40	7 disminuyendo a 6.5	20-120	2
40-100	6 disminuyendo a 4.5	100-250	3
100-200	4 disminuyendo a 2.0	> 250	4
200-300	1.8 disminuyendo a 1.5		

(Modificada de: Tacon, 1989)

Para seleccionar la estrategia adecuada de alimentación se deben considerar factores como lo económico (valor en el mercado de los peces, recursos financieros del granjero, costos de procesamiento y transporte de fertilizantes y/o alimentos, costos de alimento y alimentación, costos fijos que no incluyen la alimentación por unidad de producción y por unidad de tiempo), sociológico (tradiciones de cultivo, "tabúes", habilidad de administración del cultivador, tiempo disponible para la actividad de cultivo), biológico (hábitos alimenticios de los peces, comportamiento de alimentación y requerimientos de nutrientes de los peces) y ambientales (requerimientos de calidad de agua de los peces, tipo de unidad de producción) (Tacon, 1989).

Sin embargo, el éxito de una estrategia de alimentación dependerá un buen manejo del sistema y de la calidad de agua de cultivo (Luchini, 2006).

### 2.3. INDUSTRIA DE ALIMENTOS BALANCEADOS

Actualmente la industria de alimentos balanceados para la acuicultura representa el segmento de más rápido crecimiento dentro del sector agropecuario, incrementándose hasta un 8% cada año, a nivel mundial (Rust *et. al.*, 2012). En México, en los últimos cinco años, se registró un crecimiento del 150%, a pesar de que presenta un desafío la elaboración de alimento acuícola para el fabricante, debido al medio acuático donde el alimento tiene que ser depositado e ingerido y a la pequeña dimensión en comparación con el proporcionado a los animales terrestres (FAO, 2003). El principal reto que tienen los fabricantes de alimento balanceado en México, en el corto plazo, es el abasto de materias primas de calidad suficiente, que soporten este ritmo de crecimiento, la diversificación hacia otras especies, y al mismo tiempo aumentar el volumen con una disminución en el precio de venta (Mayorga, 2010)).

En la elaboración de alimentos balanceados para la acuicultura, la harina de pescado es el insumo proteico empleado frecuentemente, por su alto contenido en nutrientes de calidad, pero se eleva su precio por su baja disponibilidad y su procesamiento para la obtención (Mattos, 2003).

La producción de la harina y del aceite de pescado a nivel mundial ha sido relativamente constante en los últimos 20 años, pero el porcentaje consumido por la acuicultura se ha elevado hasta un 70% de la producción anual de harina, y 90% de la producción del aceite de pescado (Rust *et. al.*, 2012).

Adicional a esto, en la alimentación de los organismos acuáticos, la proteína forma la mayor proporción de la dieta debido a que es usada como fuente de energía, comparativamente con el requerimiento de animales terrestres, para los que el porcentaje de proteína es menor (Balfour, 1993).

Lo anterior ha provocado la búsqueda de alternativas de insumos proteínicos disponibles para su aprovechamiento, que proporcionen nutrientes esenciales digeribles para los organismos acuáticos y que contribuyan a su crecimiento. Además se busca que sean de menor costo para poder ofrecer en el mercado un alimento competitivo en calidad y precio, dado que los costos de alimentación en la producción acuícola pueden representar el 60 % del costo total de la producción (Moncada, 2000).

La mayoría de los alimentos balanceados acuícolas son producidos a través de: peletización o extrusión. Y en ambos, las materias primas son sometidas a molido, mezclado, hidratación, calentamiento, presión, secado y/o enfriado (González, 2004).

### 2.3.1. EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS

La extrusión de los alimentos, es un proceso industrial complejo en el cual la mezcla de los ingredientes es forzada a pasar a través de tornillos cónicos con alta presión 435 a 1,740.04 psi (30 a 120 bares), calor elevado (90 a 180 °C), en un tiempo corto de 30 segundos. Al mismo tiempo, los alimentos son amasados intensamente, cocidos y texturizados, estas tres funciones la hacen una técnica muy flexible, sin embargo, no se conoce bien sus mecanismos por numerosos parámetros que intervienen (Guillaume, 2004).

Ventajas del proceso de extrusión en los alimentos:

- ✓ Expansión controlada del producto, regulando el volumen del mismo. Esto permite obtener un alimento flotable, lentamente hundible o hundible (Salazar, 2008).
- ✓ Se reduce el contenido de polvos finos, minimizando los costos de mermas (Salazar, 2008).
- ✓ Desnaturaliza e inactiva factores anti-nutricionales mejorando su digestibilidad (Salazar, 2008).
- ✓ Posibilidad de revestir el producto con grasa hasta 30% (Salazar, 2008).

- ✓ El producto no se disuelve en agua (Salazar, 2008).
- ✓ La Tasa de Conversión Alimenticia disminuye. Porque aumenta la digestibilidad de las diferentes materias primas, en particular la de los almidones debido a la cocción del alimento (Soler *et al*, 1996).
- ✓ El proceso de extrusión pasteuriza el alimento, al utilizar altas temperaturas (Soler *et al*, 1996).
- ✓ Se pueden fabricar alimento de diámetros muy pequeños y forma más exacta, obteniendo uniformidad (Muñoz, 2004).
- ✓ Es más resistentes a la desintegración, debido a que el cocimiento de los almidones forma una importante estructura que les da rigidez (Muñoz, 2004).
- ✓ Al usar alimento flotante, el acuicultor puede observar con mayor facilidad el consumo del alimento administrado (Soler *et al*, 1996).

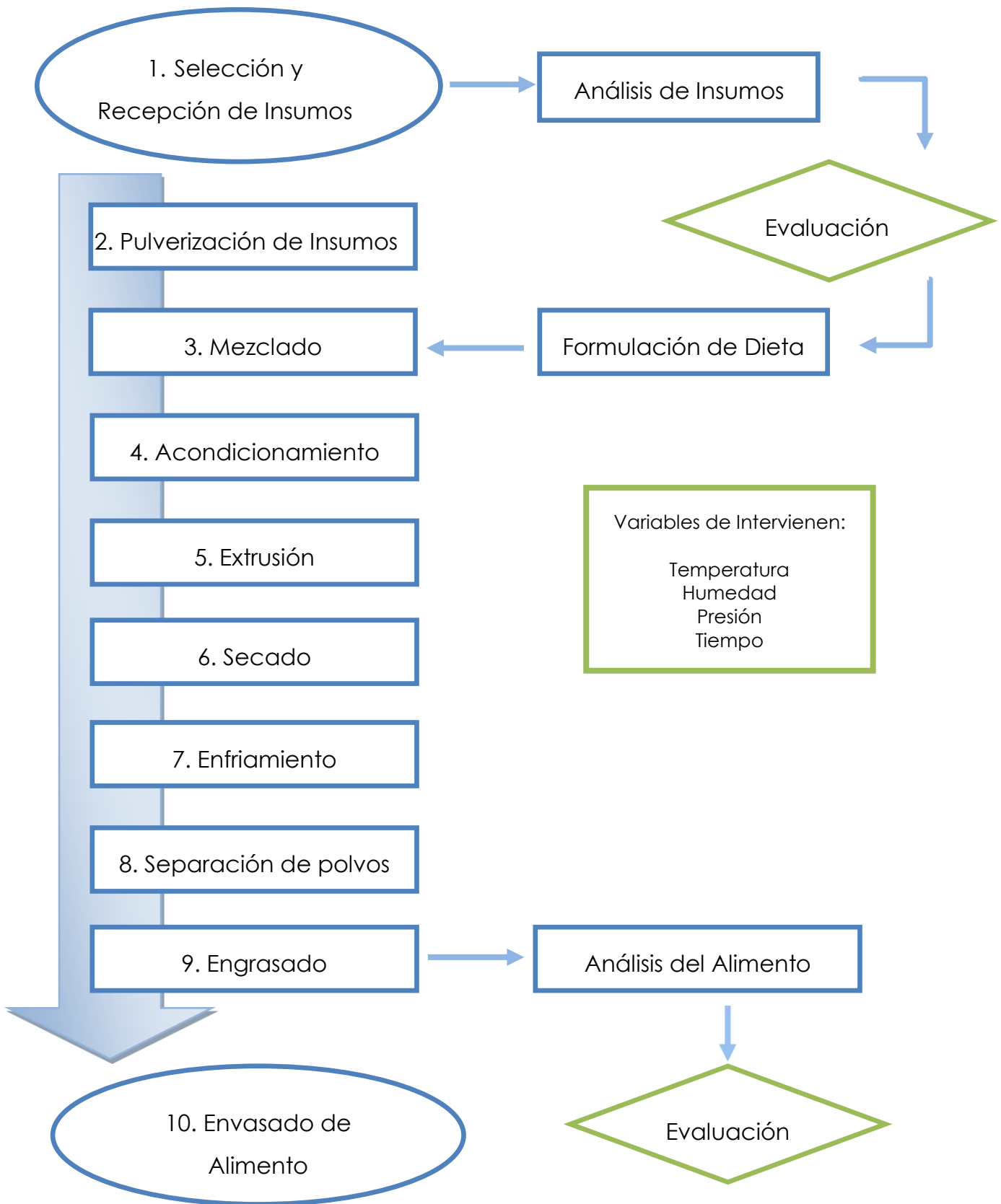
### 2.3.2. PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTO EXTRUIDO

Según Bortone, 2002, en la elaboración de alimentos extruidos flotantes es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

1. La formulación de dieta con un mínimo del 20 % de almidón, selección de ingredientes y tamaño de partícula
2. Presión en la región del dado debe ser entre 500 – 545 psi.
3. Humedad de la mezcla antes de salir del dado debe estar en 25-28%.
4. Área abierta en el dado debe ser de 200-250 mm cuadrados por tonelada métrica de producción.
5. Densidad del producto al salir del dado 320-400 gramos por litro.
6. La flotabilidad se puede incrementar secando el producto a temperaturas elevadas.

La elaboración de alimentos extruidos es un proceso muy complejo, dividido en diez etapas (Figura 1), en las que intervienen numerosas variables, cuya finalidad es asociar varias materias primas en cierta proporción.

Figura 1. Procesos para la elaboración de alimento extruido



(Elaboración propia)

Las principales variables que intervienen durante este proceso son: temperatura, humedad, tiempo y presión, éstas se encuentran interrelacionadas y la variación de alguna impacta en las demás (Moncada, 2000).

A continuación se describen algunas de las etapas más importantes durante la elaboración de alimentos extruidos.

## PULVERIZACIÓN O MOLIENDA

El molido o pulverizado consiste en reducir la materia prima en partículas más finas, esto permite obtener una mezcla más homogénea, estable y una presentación más uniforme.

La maquinaria industrial más utilizada para la molienda son los molinos de martillos debido a su polivalencia y su robustez.

Durante la molienda puede influir la humedad y la textura de la materia prima, debido su composición (Guillaume, 2004).

En la pulverización mientras más pequeñas sean las partículas, aumenta la superficie específica (relación superficie/volumen) del material, incrementando la digestibilidad puesto que el proceso de digestión química comienza con un ataque enzimático de la superficie el alimento, además, existe mayor efecto de los agentes aglutinantes, más cohesividad entre las partículas, con lo que se consigue alimento más estables al medio acuático. También, se mejora el rendimiento de la maquinaria, evitando el desgaste excesivo de las matrices, su desventaja es que se puede destruir los recubrimientos de algunos micro ingredientes que son muy sensibles a los esfuerzos mecánicos y calor (Achupallas, 2012).

## MEZCLADO

En la elaboración de alimento, el mezclado consiste en asociar los insumos pulverizados y dosificados, permaneciendo de manera uniforme, la cual se

caracteriza por su homogeneidad. La importancia de buen mezclado, contribuye a que, el animal pueda disponer de los nutrientes necesarios para su mantenimiento y crecimiento (Guillaume, 2004).

Durante el mezclado intervienen los siguientes factores: el tiempo de mezclado, la electricidad estática, la forma de partículas, el tamaño y densidad de las partículas, la presencia de ingredientes líquidos, el peso de ingredientes, y el orden de ingreso de los ingredientes en el mezclado. Por esta razón se debe determinar o especificar cuál es el tiempo óptimo de mezclado para cada producto a elaborar (Achupallas, 2012).

## ACONDICIONAMIENTO

El acondicionamiento de la mezcla antes de entrar al proceso de extrusión es de importante para garantizar la calidad del alimento. Aquí se inicia la cocción o gelatinización de almidones y la plastificación de la proteína que van a garantizar un buen producto, estabilidad en el agua, mayor grado de expansión, mejor digestibilidad del alimento por parte de la especie alimentada y cierto grado de esterilización del producto. También reducirá el desgaste excesivo de partes del extrusor, contribuyendo enormemente a bajar los costos de producción por concepto de repuestos y consumo de energía eléctrica (Salazar, 2008).

La gelatinización del almidón es un proceso fisicoquímico irreversible, que ocurre cuando se adiciona calor y agua. Los almidones están compuestos de por unidades de glucosa: amilasa, y amilopectina. Durante este proceso los gránulos de almidón absorben agua, se expanden linealmente y exudan parte de su fase de gel (amilosa), por lo que se hacen más susceptibles a la degradación enzimática y aumentan su digestibilidad (transformación que ocurre a una temperatura entre 60-80°C). Al ocurrir el rompimiento completo (al alcanzar temperaturas entre 100-150 °C) de la molécula de almidón, estos almidones simples se convierten en azúcares y cuando el alimento extruido se enfría el

azúcar sirve como adhesivo. El grado de gelatinización depende de: la cantidad de temperatura, humedad y tiempo, además, la adición de presión y corte mecánico aceleran el proceso de gelatinización (Vásquez, 2008).

En el acondicionador, el calor es suministrado por el vapor, el mismo que debe ser saturado y de la más alta calidad posible (seco). El calor no sólo es suministrado por contacto con el vapor, sino también por el calor de condensación. Al condensarse el vapor se está agregando la humedad requerida. De aquí la importancia de que el vapor sea saturado. Un vapor sobre calentado no se condensará a menos que se enfríe, y un vapor de baja calidad no producirá el necesario calor de condensación (Salazar, 2008).

Las recomendaciones por Bortone en 2002, para un buen acondicionamiento de la mezcla son las siguientes:

1. La temperatura de la mezcla acondicionada deberá de ser de 60 a 90°C.
2. Tiempo de acondicionamiento mínimo de 90 segundos (preferible de 270 a 350 segundos), esto dependiendo de los ingredientes incorporados en la formula. El tiempo se puede ajustar cambiando el ángulo de las paletas o bien disminuyendo la velocidad del acondicionador.
3. Aplicar vapor saturado de 15 a 30 psi de presión, se debe adicionar en la parte inicial del acondicionador para permitir más tiempo de contacto con la mezcla.
4. La humedad de la mezcla a la salida del acondicionador debe estar entre 16-18 %, un porcentaje de humedad mayor se correrá el riesgo de atasca duras.

## EXTRUSIÓN

Durante la extrusión de la mezcla las variables más importantes de operación son la adición de agua, la temperatura, y la presión que es controlada por el dado. La adición de agua es muy importante para el control de la densidad del

producto, el grado de expansión y la apariencia del producto, de esto depende, que el producto final flote o se hunda. De aquí la importancia de que una vez que se obtiene un buen producto, la tasa de adición y la presión de agua se mantengan constantemente (Salazar, 2008). Para obtener calidad durante el extruido según Salazar, 2008 aconseja:

- ✓ La temperatura dentro del extrusor debe ser controlada superior a 120°C para garantizar la cocción.
- ✓ La adición de vapor y agua deben ser contantes.
- ✓ Utilizar un sistema de calentamiento del barril, en los arranques o cuando hay mucha adición de agua.
- ✓ Graduar la correcta longitud del producto.
- ✓ Las cuchillas deben ser afiladas cada 24 a 36 horas de operación.
- ✓ El ángulo de las cuchillas con relación al producto debe ser de 90°

## SECADO Y ENFRIADO

Los productos que salen de un extrusor suelen tener más de 20% de humedad, es necesario secarlos adecuadamente evitando fracturas y producción de finos. Este secado debe realizarse lentamente, permitiendo el flujo de humedad desde la parte interna del producto hacia afuera, y evitando choques térmicos que puedan crear fisuras en el producto. La temperatura del secador, no debe exceder de 95°C pues se corre el riesgo de pérdida adicional de vitaminas o aditivos. Se recomienda secar y enfriar el producto hasta una humedad no inferior a 11 o 12%, pues ésta es considerada como un nivel seguro, y el remover mayor cantidad de humedad causa grandes perjuicios económicos. Y el enfriamiento del alimento es aconsejable que se lleve a cabo en un enfriador de contraflujo, evitando choques térmicos (Moncada, 2000).

## 2.4. INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS

Los Ingredientes en la fabricación de alimentos balanceados para especies acuícolas pueden ser de origen animal o vegetal (Guillaume, 2004).

Los Ingredientes proteicos de origen animal comúnmente utilizados son: harinas de pescado, pescado crudo, harinas de sangre, harinas de carne y hueso, harinas de carne (cerdos, aves, vacunos). Estos solo contribuyen a la calidad de la proteína (perfil de aminoácidos) y no a las propiedades físicas y funcionales del producto, su estructura (Guillaume, 2004).

En la elaboración de alimentos balanceados para la acuicultura, la harina de pescado es el insumo proteico empleado frecuentemente, por su alto contenido en nutrientes de calidad, pero se eleva su precio por su baja disponibilidad y su procesamiento para la obtención (Mattos, 2003).

La producción de la harina y del aceite de pescado a nivel mundial ha sido relativamente constante en los últimos 20 años, pero el porcentaje consumido por la acuicultura se ha elevado hasta un 70% de la producción anual de harina, y 90% de la producción del aceite de pescado (Rust *et. al.*, 2012).

También, se utilizan proteínas animales o subproductos que están crudos, es decir no han sido procesados térmicamente, como contienen pescado fresco o calamares, o vísceras de pescado, o en el caso de alimentos expandidos para mascotas en donde carne cruda en emulsión se incorpora en el acondicionador (Guillaume, 2004).

Debido al incremento de desechos de las industrias procesadoras de carnes (ganado y aves) al igual que las de pescado, cada vez es más difícil deshacerse de estos subproductos. Una alternativa es utilizar estos subproductos frescos con alto contenido de agua en mezclas con cereales (maíz etc.) y procesarlos térmicamente con un extrusor para así producir un nuevo ingrediente el cual se puede incorporar en la formulación de alimentos balanceados (Bortone, 2001).

Los ingredientes proteínicos de origen vegetal comúnmente utilizados son: harina de soya, harinas de trigo, harinas de algodón, harinas de otras oleaginosas (Guillaume, 2004).

Las proteínas vegetales contribuyen en gran medida al total de la proteína de la ración, y también como aglutinante natural tales el caso del gluten de trigo, el cual contribuye en la hidroestabilidad del alimento extruido, permitiendo la reducción o exclusión total de aglutinantes sintéticos de las fórmulas (Bortone, 2002).

El valor nutricional de estos insumos depende de su composición en carbohidratos, grasas, vitaminas, minerales y, principalmente de la proteína. La calidad de la proteína de un alimento está determinada por el tipo y cantidad de aminoácidos que la forman y por su digestibilidad (Castro y Avila, 1994).

#### 2.4.1. PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys* spp.)

El pescado diablo, es una especie existente en diferentes partes del mundo. En México, ha preocupado por su rápida expansión en ríos, lagos, y presas, originando problemas como invasión de hábitats, desplazamiento de otras especies de consumo humano. Hasta el momento, para los pescadores, la captura del pez diablo no representa valor económico, sin embargo, les ha generado problemas económicos, al disminuir la pesca de las especies tradicionales de consumo humano (Martínez, *et. al.*, 2010).

Este problema ha llevado a realizar una serie de investigaciones buscando soluciones para erradicar o controlar el problema, después de dos años de investigación, se llegó a la conclusión, de que es mejor su aprovechamiento dándole un valor comercial (Martínez *et. al.*, 2010). Y una solución sustentable a corto y mediano plazo, es su utilización para consumo humano y animal (Ramírez *et. al.*, 2012).

Sin embargo, las características físicas del pez diablo, las creencias culturales y el desconocimiento de sus propiedades nutricionales y sus bondades gastronómicas en México, ha ocasionado el rechazo del pez diablo para consumo humano. Pero constatando que, el pez diablo es un recurso disponible con excelentes características nutritivas, se sigue investigando sobre su aprovechamiento en el consumo animal.

En la alimentación animal, el aprovechamiento de estos peces es una alternativa como fuente proteínica (tabla 2) a través de la elaboración de ensilado ácido, contribuyendo al mismo tiempo al control y manejo de esta especie, aprovechando sus propiedades nutritivas (Reyes, 2010), así como a la generación de una nueva actividad económica.

Tabla 2. Composición Proximal del Ensilado Acido de Pescado Diablo	
Composición Proximal	% Materia seca
Humedad	71.14
Materia Seca	28.86
Cenizas	23.34
<b>Proteína</b>	<b>50.18</b>
Grasas	21.80
Fibra	0.10
Extracto Libre de Nitrógeno	4.58
(Bromatológico realizado en Laboratorio FOGASA, 2009)	

El ensilado de pescado es un alimento proteínico, semilíquido (humedad 70 %) y fácil preservación, obtenido a partir de la acción de enzimas sobre el pescado entero, partes o residuos (Bello, 1992). De esta manera, incluyéndolo en la alimentación de animales se puede aprovechar sus propiedades nutricionales, y al mismo tiempo, se controlaría la expansión de del pez diablo, minimizando los

efectos de la contaminación ambiental, (Gómez *et al*, 1995). Las ventajas del ensilado de pescado son: mejora la ganancia de peso, la conversión alimenticia, el rendimiento de canal y aumenta el consumo (Mattos C. *et al*, 2003).

Actualmente, existe documentación de la aceptación del ensilado ácido de pescado diablo como insumo proteínico, utilizándose como parte de la dieta en algunas especies domésticas, tal es el caso del pez blanco de Pátzcuaro, tras una investigación, en la cual se ofrecieron 4 dietas con diferentes inclusiones del ensilado ácido de pescado y un testigo, concluyendo que éste puede ser utilizado de manera favorable con una inclusión del 10% al 20% de ensilado ácido de pescado diablo, sin comprometer la supervivencia y minimizando los costos de producción del alimento (Pimentel, 2012).

## 2.5. CALIDAD DEL ALIMENTO ACUÍCOLA

En cultivos semi-intensivos e intensivos de peces, el alimento es la base de la producción y es uno de los principales medios que existe para aumentar la producción, dependiendo con que intensidad se practique la acuicultura (Watanabe, 2002). Las características fisicoquímicas del alimento y las técnicas de alimentación inciden directamente en la eficiencia de conversión de los peces y por ende de su crecimiento, además, están relacionados con los estímulos externos e internos que afectan la sensación de apetito en los peces (Toledo, 2012).

Diversos investigadores han reportado los beneficios físicos y nutricionales que se tiene al utilizar alimento peletizado o extruido en la alimentación de diferentes especies terrestres y acuáticas, como es la facilidad de manejo, mayor fluidez y reducción de la segregación, reduce el desperdicio, incrementa la densidad de masa, se mejora la utilización de los nutrientes, disminuye el desperdicio de alimento, reduce la alimentación selectiva, disminuye la segregación de ingredientes, influye positivamente sobre los consumos, pérdidas y gastos energéticos, menos tiempo y energía gastada en la captura del alimento,

destrucción de organismos patógenos, modificación térmica de almidón y proteínas, mejora de palatabilidad. Cada especie requiere propiedades físicas diferentes en sus alimentos lo que implica el uso de diferentes tecnologías de procesamiento y estándares de calidad (Cruz, 2006).

Al tener un control de los estándares de calidad del alimento se puede asegurar un buen consumo, una tasa de conversión alimenticia baja (cantidad de alimento en kilos necesario para producir un kilo de carne), animales sanos y el incremento en los rendimientos de producción en la granja. La calidad del alimento se determina mediante análisis de sus características físicas y químicas. Algunas de las características físicas del alimento son: su apariencia (color, agrietamiento, forma, longitud y finos), la densidad, número de *pellet* por gramo, longitud y diámetro del *pellet*, porcentaje de polvos finos, hidroestabilidad del y flotabilidad del alimento (Cruz, 2006).

Las características físicas de apariencia del alimento son importantes, por lo siguiente: un color no uniforme indica que hubo problemas en la molienda o en el mezclado de los ingredientes, tiempo de cocción irregular, mala distribución del agua o del aceite durante el proceso; un color muy oscuro en el alimento puede ser producto de un doble baño de aceite o la señal de que esté sobre cocinado y, por lo tanto, que la disponibilidad de los nutrientes como vitaminas y aminoácidos se vean afectados (Cruz, 2006). También el diámetro y longitud del alimento varía dependiendo de la especie y etapa que se va alimentar (Villareal, 2008).

## 2.6. VALIDACIÓN DEL PRODUCTO ALIMENTICIO POR LOS ACUICULTORES

En la actualidad la mayoría de las empresas se mueven en mercados con productos y servicios casi indiferenciados, muy competitivos. Además, los clientes son más exigentes, están mejor informados y buscan productos personalizados, que satisfagan más que las necesidades básicas, esto ha impulsado a las empresas a verificar y validar sus productos.

La validación es un proceso mediante el cual se confirma que el producto final se ajustará al uso pretendido por el cliente, garantizando que desarrolló el producto correcto, dándole un valor agregado.

Razón por la cual, los expertos en mercadotecnia aseguran que mediante la experiencia derivada de la observación, participación y vivencia de un evento es una de las maneras más potentes de añadir el valor a la compra de un producto (Alfaro, 2012).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

Para el Sistema Producto Tilapia de Michoacán, la continua competencia en el mercado los obliga a reducir los costos de producción, de los cuales, la alimentación representa la mayor inversión, aunado a esto, los productores tienen que adquirir sus alimentos en otras regiones y en ocasiones este no se encuentra disponible.

El alimento balanceado para la acuicultura tiene un precio elevado, ya que su elaboración requiere mayor exigencia, debido al medio acuático donde tiene que ser depositado e ingerido, al pequeño tamaño del *pelet* y a sus altos contenidos de proteína requerida por las especies acuícolas en comparación con el alimento proporcionado a los animales terrestres.

Por estos motivos, el Sistema Producto Tilapia demanda a la Industria de Alimentos Balanceados, un alimento acuícola de características competitivas en calidad y precio, que cubra las necesidades de la tilapia y del productor.

Esto significa una oportunidad para la empresa elaboradora de alimentos balanceados ya que le permitirá acceder a un mercado que actualmente no se encuentra atendido en la región. Sin embargo, para la elaboración de un alimento competitivo en calidad y precio, se necesitan alternativas de insumos de calidad, disponibles y de bajo costo. Siendo los insumos proteínicos los de más alto precio, se hace necesario evaluar fuentes proteínicas disponibles, para disminuir el precio del alimento acuícola.

Para satisfacer la demanda de alimento acuícola, es preciso conocer primero las necesidades de los productores en su sistema de producción, aunque ya se han determinado anteriormente, estas no contemplan ciertos aspectos importantes para los pequeños productores. Y en base a esto producir un alimento acuícola.

Para elaborar un alimento de calidad y menor precio, se propone como alternativa de insumo el pescado diablo (*Pterygoplichthys spp.*), que es un recurso disponible con excelentes características nutritivas; su aprovechamiento es posible a través de la elaboración de ensilado ácido. Se han realizado varias investigaciones sobre el aprovechamiento de este ensilado como insumo proteínico en la alimentación de diferentes especies, también en la elaboración de alimento balanceado extruido en laboratorio con resultados satisfactorios, sin embargo, su aprovechamiento en la industria para producir y comercializar alimento balanceado con ensilado aún no se ha reportado, quizá por su alto contenido de humedad (71.14%), ya que en el sistema de producción de la industria de alimento extruido, la maquinaria y equipo no están diseñados para incorporar insumos semilíquidos. Razón por la cual, es necesario documentar las condiciones del proceso industrial, para incorporar el ensilado ácido de pescado diablo, en la elaboración de alimento extruido para tilapia (*Oreochromis niloticus*) en etapa de engorda.

Ahora bien, para obtener un alimento con características competitivas, es preciso que se pueda producir con características fisicoquímicas de acuerdo a las necesidades de la especie y del productor, y comercializar rentablemente, motivo por el cual, es necesario determinar las características del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo y su precio.

Así mismo, es preciso conocer si el alimento producido es funcional y satisface la demanda de los productores. Esto es posible, mediante pruebas de comportamiento de las tilapias y la experiencia del productor con el producto, siendo esta una de las formas más significativa de añadir valor al alimento producido.

### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener un alimento competitivo para engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*), utilizando ensilado ácido pescado diablo (*Pterygoplichthys spp.*) como fuente proteínica, incorporándolo en un proceso industrial de extrusión.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Validar las necesidades del Sistema Producto Tilapia de Michoacán.
2. Determinar las condiciones de operación en la planta de alimento para elaborar alimento extruido con ensilado ácido de pescado diablo mediante un proceso industrial.
3. Estimar el precio del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo.
4. Evaluar las características fisicoquímicas del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo.
5. Evaluar la aceptación del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo por la tilapia.
6. Validar el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo por el Sistema Producto Tilapia de Michoacán.

## 4. MÉTODO GENERAL

---

El desarrollo de este trabajo se realizó mediante una investigación exploratoria aplicada en el campo, que para facilitar su comprensión, el método general se dividió por apartados cada uno corresponde a los objetivos específicos, donde se describe su método, resultados e implicaciones.

### 4.1. VALIDACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA PRODUCTO TILAPIA DE MICHOACÁN

Para atender la demanda del Sistema Producto Tilapia de Michoacán, primero se validó las necesidades de los productores de acuerdo a su sistema de producción, determinado las características que debe reunir el alimento balanceado para garantizar la satisfacción de la demanda de alimento.

#### 4.1.1. MATERIAL Y MÉTODO

Se diseñó un taller participativo con el Sistema Producto Tilapia de Michoacán, el cual se llevó a cabo en la ciudad de Lázaro Cárdenas, Mich., durante este se identificaron las necesidades de los productores, se realizó un diagnóstico sobre insumos disponibles en la región aptos para la elaboración de alimentos y mediante conversaciones con los productores se caracterizó su sistema de producción del Sistema Producto Tilapia de Michoacán.

#### 4.1.2. RESULTADOS

##### 4.1.2.1. NECESIDADES DEL PRODUCTOR

En la figura 3, se observa el taller participativo mediante el cual se confirmó la demanda de alimento balanceado, se identificaron las necesidades del Sistema Producto Tilapia de Michoacán e insumos disponibles en la región.



Figura 2. Taller participativo con productores del Sistema Producto Tilapia Michoacán.

Las necesidades de los productores del Sistema Producto Tilapia de Michoacán identificadas durante el taller participativo para satisfacer la demanda de alimento son las siguientes::

- ✓ Incrementar su producción de tilapia, cuidando la calidad de su producto.
- ✓ Competir en el mercado, reconocidos por su calidad y precio.
- ✓ Obtener un alimento competitivo para tilapia en etapa de engorda; durante esta etapa requieren mayor cantidad de alimento.
- ✓ Necesidad de un alimento flotante para poder observar el consumo del alimento, y en el caso contrario poder retirarlo para cuidar la calidad del agua.
- ✓ Un alimento que cubra los requerimientos nutricionales de la especie, de acuerdo a sus hábitos alimenticios y que ocasionara una tasa de conversión alimenticia baja.
- ✓ Que las tilapias alcancen su peso comercial en menor tiempo, normalmente inician su etapa de engorda con un peso de 200-300gr/tilapia y alcanzan su peso comercial de 500 -600 gr/tilapia) en dos meses.
- ✓ Aprovechar los recursos disponibles en la región para reducir los costos de producción de alimento balanceado.

- ✓ Que el alimento se encuentre disponible durante todo el año.
- ✓ Que el alimento tenga un menor precio al que compran normalmente.
- ✓ El alimento comercial con 28% Proteína y 5% de Lípidos tiene un precio de \$10.6/kg.
- ✓ El alimento comercial con 32% Proteína y 5% Lípidos tiene un precio de \$11.2/Kg.
- ✓ Que el alimento se fabrique lo más cercano a su región para disminuir costos de traslado.

#### 4.1.2.2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

El Sistema Producto de Michoacán se encuentra estructurado y organizado, para lograr un objetivo en común, la producción y comercialización de la tilapia.

De los 41 productores registrados en el grupo, 23 de ellos se concentran en la región de la costa de Michoacán, donde su punto de reunión es en la ciudad de Lázaro Cárdenas. Además, existen más productores de tilapia activos en el estado, pero que no se encuentran registrados, se calculan alrededor de 50 productores en esta situación, algunos ya se han acercado para formar parte del grupo.

Mediante el taller participativo se observó la dificultad de la mayoría de los productores para comunicar su punto de vista sobre el tema frente al grupo, sin embargo, sus dudas o puntos de vista las comentan al final del taller mediante conversaciones de 2 o 3 productores. No obstante, muestran su interés por lograr el objetivo del grupo, pero hace falta la comunicación entre todos los que lo conforman.

La mayoría de los productores producen principalmente tilapia, manejan el cultivo semi-intensivo, controlan el alimento (natural o balanceado) y la densidad de peces.

En su proceso de producción requieren de insumos: Insumo biológico, alevines de tilapia principalmente (*Oreochromis niloticus*), variedad *Stirlig*; los productores compran alimento comercial para diferentes etapas de crecimiento, siendo la etapa de engorda la de mayor demanda o cantidad de alimento necesaria para producir, representando mayor inversión para los productores, este alimento es comprado a crédito. En ocasiones, el alimento comercial que se distribuye en su región no siempre se encuentra disponible.

Algunas granjas cuentan con equipos de aireación que ocasionalmente lo utilizan durante fuertes disminuciones del oxígeno disuelto en el agua. Los productores que no cuentan con equipo de aeración manejan los recambios de agua en forma diaria y constante, incrementándola al observar disminución de oxígeno.

Las unidades de producción del Sistema Producto Tilapia de Michoacán son pequeñas, no cuentan con tecnificación y equipamiento adecuados. Al no estar los productores equipados, la calidad del agua la monitorean con el apoyo de Asistencia Técnica a Productores Acuícolas por parte de Comité Estatal de Sanidad del Estado de Michoacán, A.C. (CESAMICH), programada las visitas por granja cada 15 días, y en caso necesario se les puede llamar y los asisten.

Las unidades de producción son operadas y administradas por miembros de la familia, lo que hace de la acuicultura una actividad productiva generadora de empleos.

La mayoría de los estanques utilizados son excavados.

La densidad de siembra es de 4-10 organismos/metro cúbico, dependiendo de la disponibilidad del alimento balanceado y época de año.

La alimentación diaria en la etapa de engorda con alimento balanceado, se realiza al 1.5-2 % de la biomasa total. Normalmente el alimento natural no tiene incidencia cuando la densidad de siembra es alta en sistema semi intensivo.

#### 4.1.2.3. PRODUCCIÓN DE TILAPIA

La estimación anual de producción del Sistema Producto Tilapia de Michoacán es de 420 toneladas de tilapia en el estado, de las cuales 180 toneladas son producidas en la región de la costa de Michoacán producidas por 23 productores.

#### 4.1.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES

Los productores que integran el Sistema Producto Tilapia, en su mayoría son hombres, la acuicultura no es su actividad principal, la mayoría tiene otra fuente de ingresos económicos como actividades agropecuarias, o empleados en empresas, lo cual les dificulta atender personalmente la granja o asistir a reuniones del grupo, dejándola a cargo de algún miembro de la familia. La mayoría de los productores saben leer y escribir, en menor proporción son los productores que cuentan con una licenciatura. Los conocimientos de la experiencia adquirida durante la producción de tilapias se van pasando de una generación a otra y se transmite entre los productores por medio de la imitación.

#### 4.1.3. IMPLICACIONES

Mediante la validación de las necesidades del Sistema Producto Tilapia de Michoacán se confirmó la demanda expuesta por el grupo ante la Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce A. C., Unidad Operativa Michoacán a través del programa de desarrollo de capacidades, innovación tecnológica y extensionismo rural, mediante cual identificaron los problemas del

grupo (Anexo 1). Determinando la necesidad de tener disponible un alimento balanceado de calidad nutricional y menor precio al que normalmente utilizan, ya que su meta es incrementar la producción, ser reconocidos y competitivos en el mercado por su calidad y precio, razón por la cual, necesitan disponer de un alimento balanceado de calidad nutricional y menor precio que para obtener un producto de calidad nutricional.

Además, la mayoría de los productores tienen otras actividades, lo cual no les permite permanecer mucho tiempo en la granja observando el consumo del alimento, y el productor identifica la presencia de problemas al observar alimento sin consumir por la tilapia, indicándole alteraciones inadecuadas de la calidad de agua o enfermedades, y al permanecer flotando el alimento que no consume este puede ser retirado del estanque, esto implica que los productores necesiten un alimento flotante y que su tiempo de flotación sea mayor al tiempo transcurrido entre las comidas de la tilapia, por lo cual se determinó elaborar un alimento obtenido mediante un proceso de extrusión, que según Guillaume, 2004, tiene la propiedad de flotar.

El alimento que necesitan los productores es importante que sea de calidad nutricional, esto es, que el alimento cubra los requerimientos nutricionales de la especie, lo cual según la FAO, 2003, depende de la cantidad y calidad de los nutrientes que el alimento contenga, ya que esto contribuye para tener un adecuado crecimiento y prevención de enfermedades de las tilapias, y al mismo tiempo, favorece para reducir los costos de producción. Razón por la cual, es importante cuidar el aporte nutricional del alimento y la calidad de los insumos que utilizan para elaborar el alimento balanceado.

También es necesario que su alimento sea elaborado en una fábrica más cercana posible su región para disminuir sus costos de traslado, y con la capacidad de producir la cantidad suficiente para el tamaño de su producción y disponibilidad durante todo el año.

## 4.2. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA PLANTA DE ALIMENTO PARA ELABORAR ALIMENTO EXTRUIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO MEDIANTE UN PROCESO INDUSTRIAL.

Para elaborar el alimento acuícola con ensilado ácido de pescado diablo, se realizó una serie de pruebas, con la finalidad de producir un alimento acuícola con características físicas y químicas requeridas por la especie y el productor, para alimentar tilapias en etapa de engorda. Las pruebas realizadas fueron:

1. Exploración del funcionamiento de la planta de alimentos al incorporar el ensilado ácido de pescado diablo.
2. Determinación de la capacidad de la mezcladora para incorporar ensilado.
3. Determinación de las condiciones del proceso para producir el alimento acuícola con ensilado ácido de pescado diablo.

A continuación en este apartado, se describe la finalidad, el material y método, los resultados y las implicaciones de cada una de las pruebas.

### 4.2.1. EXPLORACIÓN EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS EXTRUIDOS AL INCORPORAR EL ENSILADO ÁCIDO DEL PESCADO DIABLO (*Pterygoplichthys* spp.)

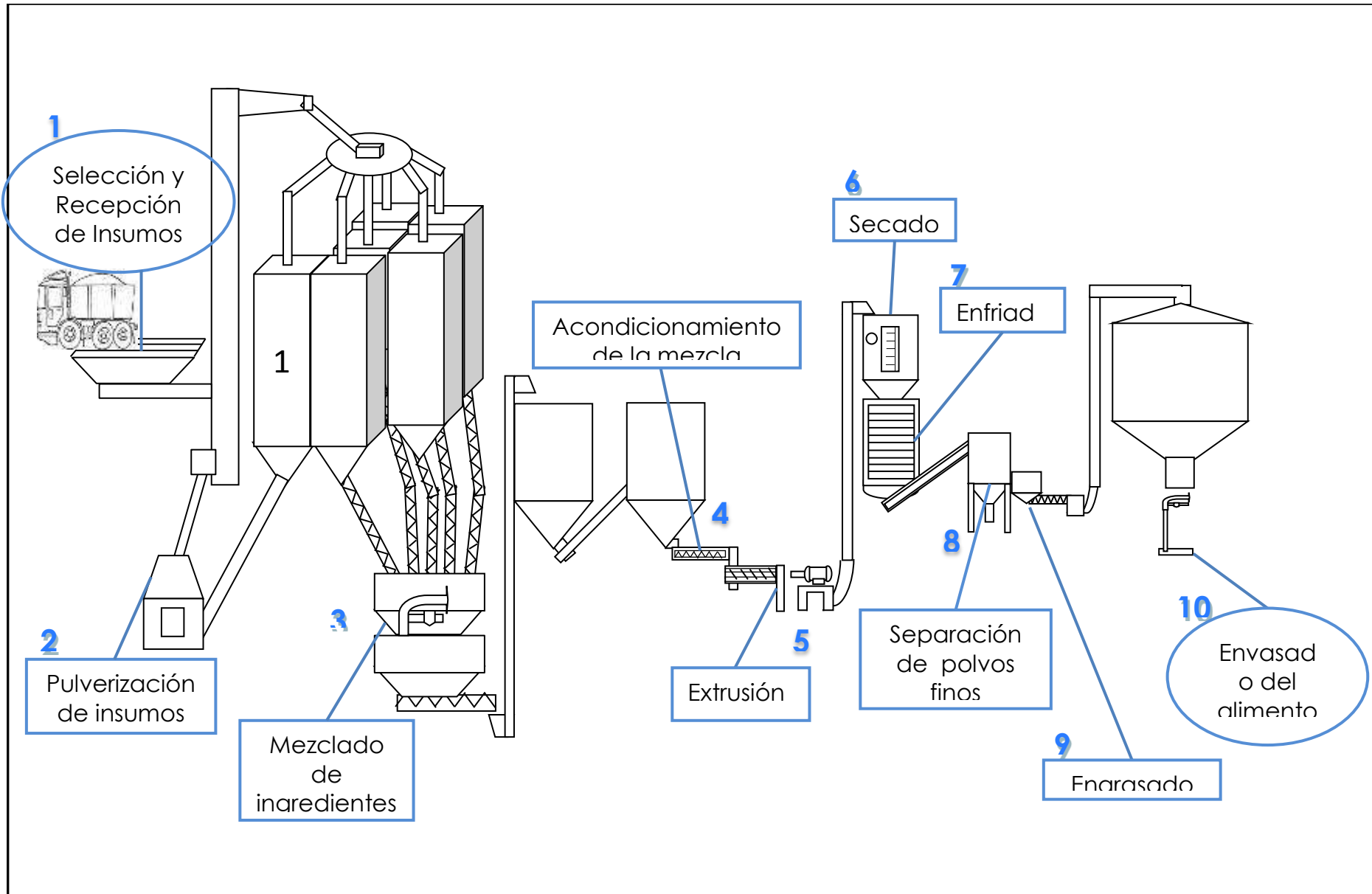
Este estudio se realizó con la finalidad de explorar el funcionamiento de la maquinaria y equipo de una planta de alimentos al incorporar una dieta con ensilado ácido de pescado diablo (*Pterygoplichthys* spp.).

#### 4.2.1.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta prueba se realizó en una industria de alimentos balanceados situada en la ciudad de Morelia, en la zona centro-norte del Estado de Michoacán.

Antes de iniciar con la prueba se representó gráficamente el proceso de extrusión de la planta de alimento mediante un diagrama de flujo, para limitar y comprender cada etapa del proceso facilitando la identificación y análisis de problemas durante la elaboración de alimento extruido (figura 3).

Figura 3. Diagrama de flujo de la planta de alimentos extruidos



Posteriormente, para la investigación exploratoria en la planta de alimentos, se formuló una dieta al 30% de proteína cruda y 8% de lípidos. La dieta contenía en base seca el 20 % de ensilado ácido de pescado diablo y otros insumos comúnmente utilizados en la industria.

En la tabla 3, se muestra los ingredientes utilizados y el porcentaje de incorporación de materia seca de la dieta que se incorporó en la planta de alimentos.

Tabla 3. Dieta utilizada para la prueba de exploración

	<b>% Materia seca</b>
Ensilado ácido de pescado diablo (pescado completo)	20
Sorgo	30
Pasta de soya	10
Harina de carne	30
Vitaminas y minerales	4
Bentonita	5
Aceite vegetal	1

La maquinaria y equipo utilizado durante esta prueba se describen en la tabla 4.

Tabla 4. Maquinaria y equipo utilizado en la prueba de exploración

Fosa de recepción	Capacidad de 25 toneladas
Transportador de fosa de canjilones	Uno con motor 5 hp, capacidad de 20 ton / hr.
Tolvas de recepción	6 con capacidad de 20 / 30 ton cada uno contiene un transportador horizontal con motor de 5, 3 y 2 hp
Molino de martillos	Motor 15 hp, con capacidad de molienda de 1 ½ ton a 2 ton. por hora
Esclusa de bascula y revolvedora	Neumática con controles, trabaja con compresor de aire de capacidad de 235 lts y motor de 2 hp
Tolvas de mezcla	2 con capacidad de 3 toneladas cada una
Transportador	Cada una de las tolvas con motor de 3 hp
Acondicionador	Capacidad de 20 toneladas por hora, Con instalación para inyectar vapor y agua.
Extrusor	Marca Insta pro 2000 r capacidad de extrusión de 800 a 1200 kg por hora , motor 75 hp
Cortadora	Con motor de 3 hp con variador de velocidad manual y ajustable
Elevador	2 , uno con de motor 7 hp otro con motor 2 hp

El desarrollo de esta prueba incluyó: selección y recepción de materia prima, pulverización de materia prima, mezclado de los ingredientes, acondicionamiento, extrusión, secado, enfriamiento, separación de polvos finos.

Primero se exploró el funcionamiento tradicional de la maquinaria y equipo de la planta de alimentos al producir alimento extruido.

Luego, se realizó la prueba exploratoria bajo las mismas condiciones de operación que tradicionalmente se utilizan para producir alimento extruido en la industria, con excepción de la incorporación del ensilado durante la etapa de mezclado.

Su proceso fue el siguiente: Se encendió la planta de alimentos para procesar otro alimento extruido, se identificaron las alternativas para incorporar el ensilado.

En seguida, se realizó la mezcla para la exploración. Se dosificó y mezcló la pasta de soya, la harina de carne, la bentonita y las vitaminas y minerales, en ese orden. En una mezcladora horizontal aparte, se colocó el sorgo y se incorporó el ensilado, se mezcló por un tiempo de 20 minutos, enseguida esta se incorporó lentamente en la mezcladora de la planta de alimentos con los demás insumos ya homogenizados.

Después se transportó a la tolva que alimenta el acondicionador, poco antes de terminar la producción del alimento tradicional, la mezcla atemperada paso al acondicionador durante 10 segundos y posteriormente paso al extrusor.

Se tomó muestra de la mezcla en el acondicionador antes de ingresar al extrusor y otra al emerger del extrusor, para determinar el porcentaje de humedad.

Durante el proceso se midió la temperatura y tiempo.

La mezcla extruida se secó y enfrió fuera de la maquinaria de la planta de alimentos, la cual se realizó a una temperatura de 21.3-24.2°C.

Se tomó una muestra del alimento obtenido durante la prueba exploratoria, para determinar sus características físicas y químicas.

Para determinar las características químicas del alimento obtenido se envió una muestra, tomada al azar, al Laboratorio de Nutrición y Análisis de Alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, mediante un análisis bromatológico se evaluó su composición porcentual, en donde se utilizaron los métodos aprobados por la Norma Oficial Mexicana: el contenido de humedad se determinó por el método de la termobalanza (NMX-F-428-1982), los lípidos por el método de Golfish (NMX-F-089-1978), cenizas por el método de la mufla (NMX-093-1976) y proteínas, método de Kjeldahl AOAC Official Method 2001.11.

También se evaluó los almidones modificados, mediante el método descrito por Flint (1994), primero se tomaron tres *pellets* al azar de cada muestra y se dejó remojando con agua potable durante una hora. En seguida, se realizó un corte delgado del alimento, se colocó una tira delgada en un portaobjetos, se tiñó con azul de tripán al 0.5%, después de un minuto se le colocó un cubreobjetos y observó en microscopio compuesto con objetivo 40X.

Las características físicas se determinaron en el Laboratorio de Desarrollo Rural del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, mediante las técnicas mencionadas por Cruz (2006). Las características físicas evaluadas fueron: las características físicas de apariencia, números de *pellets* por gramo, tamaño del alimento, porcentaje de polvos finos, flotabilidad y densidad del alimento. Como se describen en el método descrito en el apartado 4.4.1.2. Características Físicas.

#### 4.2.1.2. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de este estudio de exploración en la planta de alimentos extruidos son los siguientes:

La mezcla obtenida contuvo un  $29.6 \pm 1.45\%$  de humedad, se puede observar en la figura 4 la falta de homogeneidad de la mezcla.



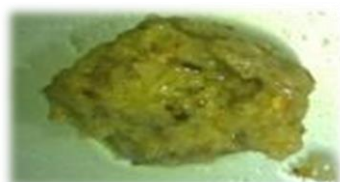
Figura 4 Mezcla de la dieta utilizada para la prueba de exploración

El alimento que se obtuvo mediante la prueba de exploración de la planta de alimentos al incorporar el ensilado ácido de pescado diablo se muestra en la figura 5.

Figura 5. Alimento producido durante la prueba de exploración



Características físicas de apariencia: 50% de alimento extruido con presencia de fracturas, falta de homogeneidad de la mezcla y falta uniformidad de tamaños, como se observa en la figura 6.



Falta homogeneidad de mezcla y tamaño



Fracturas 50%

Figura 6. Características de apariencia

El resultado del análisis bromatológico expresa su composición en porcentaje de materia seca del alimento elaborado durante la prueba (tabla 5).

Tabla 5. Composición Proximal del alimento producido en la prueba exploratoria

	% Materia seca
Humedad	7.8
Materia Seca	92.20
Proteína	29.01
Lípidos	5.47
Fibra Cruda	17.08
Cenizas	30.57
Extracto Libre de Nitrógeno	17.88

El alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo tuvo un pH de 5.82  $\pm$  0.045, densidad de 0.882  $\pm$  0.044 gr/ml y tiempo de flotación promedio de 5 minutos y 13 segundos  $\pm$  1.43 segundos. Estos promedios son muestras triplicadas.

En el análisis de almidones modificados se observaron: de 60-70 % de almidones gelatinizados (completos) y un 40-30% de almidones amorfos (rotos). En la figura 7, se observan los almidones teñidos de color azul, en donde a), muestra el

alimento obtenido durante la prueba de exploración, en la cual, se distinguen los almidones gelatinizados o completos y en b) se muestra la tinción de un alimento comercial extruido, donde se ven los almidones completamente amorfos.

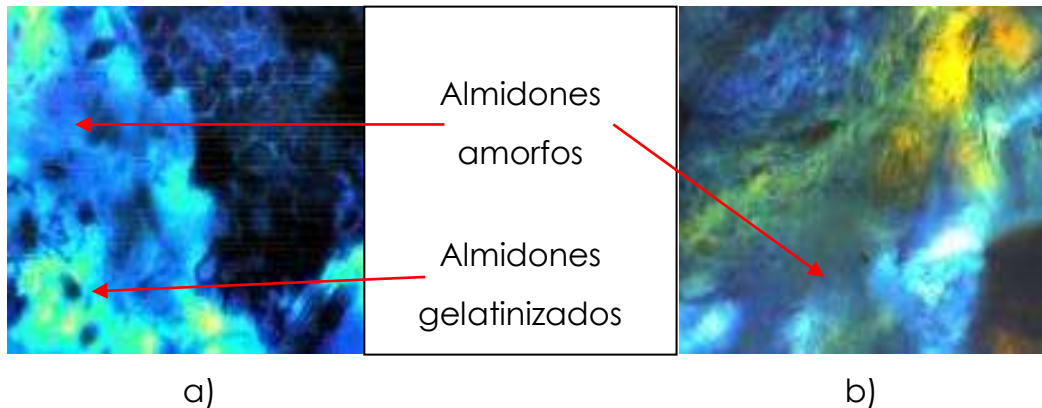


Figura 7 Almidones modificados de alimento extruido

#### 4.2.1.3. IMPLICACIONES

Las implicaciones durante esta prueba exploratoria en la planta de alimentos al incorporar el ensilado ácido de pescado diablo son:

- ✓ La exploración del funcionamiento de la planta de alimentos bajo las mismas condiciones de operación durante el proceso tradicional, sirvió como punto de referencia para identificar problemas de la incorporación de ensilado.
- ✓ Se comprobó que una dieta con un 20 % materia seca de incorporación de ensilado (contenido de humedad 63%) puede ser extruido y formar su estructura, aunque su cocción no fue la adecuada, esta puede mejorar al incrementar a temperatura desde el acondicionador mediante la adición y control de vapor.
- ✓ Por las características físicas semilíquidas del ensilado, este no puede ser incorporado en los primeros dos procesos: recepción de insumos y pulverización, debido al diseño de la maquinaria para trasladar los insumos

secos, pero se comprobó que puede ser incorporado en la etapa de mezclado, cuya finalidad es homogenizar la mezcla.

- ✓ Durante la incorporación del ensilado con el sorgo, se presentaron problemas de atascamiento en la mezcladora, siendo necesaria la ayuda manual. Esto para la industria de alimentos balanceados no es viable, ya que, representa mayor costo de producción, debido a la pérdida de tiempo, incremento del gasto de energía, paro de la maquinaria, y por consecuencia se disminuye la producción.
- ✓ Al identificar que el atascamiento de la mezcladora era ocasionado por el alto contenido de humedad en la mezcla se buscaron alternativas para solucionarlo, tratando la manera de disminuir el contenido de humedad en el ensilado:
- ✓ 1.- Se intentó colocando el ensilado en doble tela llamada manta cielo mediante presión se separó la parte sólida y la líquida, después de observó cada una y se encontró que la parte sólida contenía en su mayor parte partículas de piel y hueso, indicándonos que su contenido de cenizas era alto y por lo tanto la parte líquida contenía la mayor porción de proteínas.
- ✓ 2.- Luego mediante la sedimentación por gravedad, para lo cual se colocó adentro de un costal de malla de mosquitero (para darle firmeza a la tela) un costal de tela (manta de cielo), después el ensilado, se dejó colgado durante 15 días, obteniendo una parte sólida y líquida, se realizó un análisis bromatológico de cada una de las partes. El resultado fue: la parte sólida contenía el 59.80% de humedad y 37.41% de proteína cruda en materia seca; la parte líquida contenía 90.07% de humedad y 37.10% de proteína cruda en materia seca.
- ✓ El disminuir el contenido de humedad en el ensilado implicaba invertir tiempo y herramientas o equipo para llevarlo a cabo, además fue poco el porcentaje de humedad que se disminuyó, y al mismo tiempo se disminuyó el contenido de proteína cruda en la parte sólida.
- ✓ Se determinó que el disminuir el contenido de humedad en la mezcla no era una solución viable para la industria de alimentos.

- ✓ Es necesario determinar el porcentaje máximo de inclusión de ensilado en la dieta con el que la mezcladora tiene la capacidad de trabajar sin atascamientos y sin ayuda manual, para homogenizar la mezcla.
- ✓ Durante el proceso de extrusión la temperatura disminuyó de  $96.7\pm 3^{\circ}\text{C}$  a  $65.8\pm 4^{\circ}\text{C}$ , debido a que, el contenido de humedad de la mezcla que procesa la industria tradicionalmente es de  $15\% \pm 2\%$ , y la mezcla de la prueba de exploración contenía el  $29.6\pm 1.45\%$ . Para lograr la temperatura adecuada en el extrusor se propone adicionar y controlar el vapor en el acondicionador hasta alcanzar  $90^{\circ}\text{C}$  antes de pasar al extrusor. También sería conveniente que el extrusor contara con un sistema de calentamiento del barril, así la maquinaria alcanza rápidamente la temperatura deseada ( $120^{\circ}\text{C}$ ) asegurando la cocción y durante el arranque disminuir el desperdicio.
- ✓ El alimento producido no continuó el proceso de secado y enfriado dentro de la planta de alimento, porque la empresa se encuentra activa produciendo otro tipo de alimento balanceado que ocupaba de esos espacios en el momento de la prueba, esto se solucionó realizándolo a temperatura ambiente. Sin embargo, durante el secado del alimento es importante la temperatura a la que se expone para darle mayor flotabilidad al alimento y esto contribuyó a la poca flotabilidad del alimento producido.
- ✓ En la evaluación de almidones modificados realizado al alimento producido durante esta prueba, se observaron la mitad de los almidones gelatinizados enteros o en estado granular, siendo que según Flint (1994), para un alimento extrusionado se debían observar amorfos, es decir rotos. Esto implica, que el alimento extruido le faltó cocción a la mezcla y por lo tanto, falta de acondicionamiento y temperatura de la mezcla en el proceso de extrusión
- ✓ a asignar un turno de producción para dedicarlo a realizar pruebas, ya que genera costos y baja su producción. Además, es necesario utilizar 500 kg de mezcla mínimo para el funcionamiento de la maquinaria.

#### 4.2.2. CAPACIDAD DE INCORPORACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO DURANTE LA ETAPA DE MEZCLADO

En la exploración de la planta de alimentos se determinó la manera de incorporar el ensilado durante la etapa de mezclado del proceso de elaboración de alimento extruido, sin embargo, se presentaron problemas de atascamiento en la mezcladora.

Contemplando lo anterior, se planeó esta prueba con la finalidad de conocer la capacidad que tiene la mezcladora para incorporar el ensilado, determinando el porcentaje máximo de inclusión en la dieta.

##### 4.2.2.1. MATERIALES Y MÉTODO

La capacidad de la mezcladora se determinó mediante una exploración de su funcionamiento al incorporar el ensilado ácido de pescado diablo.

Esta prueba se realizó utilizando una mezcladora convencional de tecnología básica, sorgo molido como un insumo de características físicas comúnmente utilizada en las plantas de alimentos (tabla 6).

Tabla 6. Material y equipo utilizado para determinar la capacidad de la mezcladora

Mezcladora vertical	Marca Azteca, capacidad de 500Kg, tolva giratoria de gusano
Sorgo molido	100kg
Ensilado ácido de pescado diablo	40 Kg
Cubeta	Capacidad 10 litros
Báscula de gancho	Capacidad de 30 kg



Figura 8. Incorporación del ensilado en la mezcladora

Se encendió la mezcladora, luego, se depositaron 100 kg de sorgo y se procedió al mezclado, posteriormente se adicionó 10 kg de ensilado, agregando poco a poco en la parte inferior de la mezcladora (tolva giratoria) al mismo tiempo del paso del sorgo (Figura 8), transcurriendo 5 minutos de mezclado se tomó un muestra, y en seguida se agregaron otros 10 kg de ensilado de la misma manera.

Se detuvo la incorporación de ensilado al observar el paso lento de la mezcla en la tolva giratoria.

Se tomaron muestras de la mezcla homogenizada en cada adición de ensilado con 10, 20, 30 y 40 kg de ensilado, para determinar su contenido de humedad.

El porcentaje de incorporación de ensilado en la mezcla se calculó mediante la regla de tres simple.

#### 4.2.2.2. RESULTADOS

Considerando que el ensilado ácido pescado diablo tiene un 70 % de humedad y el sorgo un 7% de humedad se obtuvieron los resultados que muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de porcentaje de incorporación del ensilado en la mezcladora

Kg sorgo/Kg ensilado	% incorporación de ensilado BH	% incorporación de ensilado MS	% H en la mezcla	% MS en la mezcla
100/10	9.09	0.90	7.4	92.6
100/20	16.66	4.99	27.4	72.6
100/30	23.07	6.92	29.4	70.6
100/40	28.57	8.57	32	68.0

BH-base húmeda, MS- materia seca, H- humedad

#### 4.2.2.3. IMPLICACIONES

Al realizar esta prueba se determinó que la mezcladora tiene la capacidad para homogenizar una mezcla con ensilado ácido de pescado diablo, siempre que la incorporación sea menor al 28.57 % en base húmeda para mezclar sin problemas de atascamientos y sin ayuda manual. Además se observó que con 3 minutos fueron suficientes para lograr una mezcla homogénea visualmente, cuidando el gasto de energía y el tiempo del proceso.

### 4.3. ELABORACIÓN DE ALIMENTO PARA TILAPIA CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO EN UNA LA INDUSTRIA PRODUCTORA DE ALIMENTOS

Ya se conoce el funcionamiento de la planta de alimentos al incorporar el ensilado ácido de pescado diablo y la cantidad máxima de incorporación de ensilado en la dieta.

Ahora bien, es necesario determinar las condiciones de operación en la industria productora de alimentos (planta de alimentos) para producir un alimento extruido para tilapia en etapa de engorda con ensilado ácido de pescado diablo.

#### 4.3.1.1. MATERIALES Y MÉTODO

##### FORMULACIÓN DE LA DIETA

Para formular la dieta, primero mediante una reunión con los directivos de la planta de alimentos Operadora de Molinos S.A. de C.V., se informó sobre los resultados de las pruebas exploratorias en la planta de alimentos para incorporar el ensilado ácido de pescado (Figura 9).



Figura 9 Reunión con Directivos de la planta de alimentos de alimentos para la toma de decisión sobre la formulación y elaboración del alimento.

Luego, la empresa realizó una propuesta para determinar las condiciones de operación y producir el alimento acuícola. La propuesta para llevar a cabo esta prueba, fue:

- ✓ Utilizar una incorporación de 6.7% de ensilado en la dieta, determinada por su aportación de humedad, para disminuir los riesgos de atascamientos.
- ✓ No transportar la mezcla con el ensilado por los transportadores de cangilones que trasladan del proceso de mezclado al proceso de acondicionamiento.

Considerando la decisión de la empresa, se realizó la formulación de la dieta con un software denominado NUTRION 5 PRO®, el cual es un sistema computarizado para formular alimentos balanceados al costo mínimo de la ración. A la base de datos del programa se ingresó la composición química de los ingredientes a utilizar, tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Necesidades del productor del Sistema Producto Tilapia de Michoacán.
- Requerimientos nutricionales de la tilapia en etapa de engorda (30 % Proteína y 5% mínimo de Lípidos).
- Hábitos alimenticios de la tilapia
- Propiedades físicas, químicas y funcionales de la materia prima
- Disponibilidad anual de la materia prima.
- Precio de la materia prima
- Las limitantes de la tilapia para consumir ciertas materias primas
- Capacidad de la maquinaria y equipo para trabajar la materia prima
- Necesidades de la maquinaria y equipo para procesar el alimento
- Decisiones administrativas de la planta de alimentos, garantizando el funcionamiento adecuado de la maquinaria

Posteriormente, en base a la formulación calculada (tabla 8) se realizó la dieta en la planta de alimentos.

Tabla 8. Dieta formulada para elaborar alimento acuícola con ensilado ácido de pescado diablo

<b>Ingredientes</b>	<b>% base húmeda</b>
Ensilado Ácido de Pescado Diablo	18.42
Pasta de soya	19.54
Harina de carne	14.91
Sorgo	13.16
Maíz amarillo	13.16
DDGS- grano seco	8.77
Salvado	7.89
Gluten	3.51
Aceite	0.61
Pre mezcla de vitaminas	0.03

## ELABORACIÓN DEL ALIMENTO

La elaboración de esta prueba de alimento se realizó en una planta de alimentos balanceados para animales, ubicada en Salamanca, Gto.

Con la dieta formulada y aprobada por la empresa, en seguida se programó un día en la planta de alimentos para disponer de la maquinaria, equipo y recursos humanos para llevar a cabo la prueba. El material utilizado para el desarrollo de esta prueba se describe en la tabla 10.

Tabla 9 Material y equipo utilizado para determinar las condiciones de operación en la planta de alimentos

Maquinaria y equipo	Características
Tablero de control	Controla la maquinaria descrita a continuación.
Acondicionador	Motor de 10 Hp, alimentado con un motor de 2Hp.
Extrusor	Insta Pro, Modelo 2500, motor de 125 HP, capacidad de 2 ton/hr, dado con orificios de 3mm
Secador	Capacidad para 2 ton de alimento, motor de 25 Hp
Enfriador	Capacidad para 2 ton de alimento, motor de 20 Hp
Elevador	Aire negativo (succión), motor 15 Hp
Tolva	Capacidad de 10 toneladas
Mezcladora	Vertical, marca Azteca, capacidad para 1 tonelada
Montacargas	Motor de gas, capacidad de 5000 lbs.
Báscula Industrial	Capacidad de 10 toneladas
Costales	Capacidad de 500Kg
Costales	Capacidad de 25 kg
Termómetro	Portátil, rango -50, +150 °C,

El método realizado para determinar las condiciones de operación de la planta de alimentos para producir el alimento acuícola, fue el siguiente:

En la planta de alimentos, dentro de su sistema cerrado, se preparó la mezcla con todos los insumos a excepción del ensilado, incorporando los ingredientes de mayor a menor cantidad en la mezcladora.



Figura 10 Vaciado de la mezcla en la mezcladora.

Se homogenizó la mezcla y se transportó dentro del sistema hasta la tolva que alimenta el acondicionador, en esta parte, se extrajo la mezcla colocándola en costales grandes (capacidad de 500 Kg), y se trasladó con la ayuda de un montacargas a la mezcladora fuera del sistema de producción.

Se pesó y vació en la mezcladora vertical (figura 10). Posteriormente, se pesó el ensilado en la báscula industrial, previamente tamizado por una malla de 2mm, (para asegurar que no se pasaran partículas mayores a la abertura del dado en el extrusor, evitando tapaduras) se encendió la mezcladora y poco a poco se fue incorporando el ensilado (figura 11).



Figura 11. Incorporación del ensilado en el proceso de mezclado

Durante el mezclado se estuvo observando la homogeneidad de la mezcla constantemente, durante su paso se tomó el tiempo transcurrido durante la incorporación de ensilado y el tiempo que duro mezclando todos los ingredientes. La mezcladora se detuvo al observar homogeneidad de la mezcla.

En seguida, se colocó en costales (capacidad de 25 kg) (figura 12) para trasladarlo a la tolva que alimenta al acondicionador, con la ayuda del montacargas.



Figura 12. Encostalado de la mezcla para su traslado.

Se encendió la maquinaria para el proceso de acondicionado, extrusión, secado y enfriado, comenzó a pasar la mezcla por el acondicionador en el cual la presión del vapor fue constante a  $4 \text{ kg/cm}^2$ , y se adiciono agua con una presión constante de  $7 \text{ kg/cm}^2$ . Al iniciar su paso por el acondicionador se agregó 18 litros/ton de agua, para lubricar el paso de la primera mezcla, poco a poco esta cantidad se fue disminuyendo y fue incrementada la entrada de vapor.

La adición de vapor se controló según la apariencia del alimento al salir del extrusor, mediante la observación constantemente de la cocción de la mezcla.

El grado de cocción de la mezcla se verificó de la siguiente forma: tomando una muestra al salir del proceso del extrusor, se oprimía con las manos y al soltarlo se deben observar nuevamente las pelotitas, si ya está cocida la mezcla, de lo contrario se hace una masa, indicando falta de cocción y sobrante de agua en la mezcla (Figura 13).



Figura 13. Verificación del grado de cocción de la mezcla



Figura 14. Medición de temperatura en el acondicionador

A medida que la temperatura incrementa en el acondicionador también incrementa en el extrusor, interviniendo la cantidad de agua adicionada y de vapor durante el acondicionador, como también el tiempo de producción de alimento, debido a la fricción.

Al obtener el alimento formado, la cantidad de agua fue disminuyendo y la cantidad de vapor fue incrementando, hasta alcanzar los parámetros de temperatura en el acondicionador (figura 14) y extrusor.

Se obtuvieron los *pellets* sin que se apelmazaran, pero aún no se había alcanzado la temperatura indicada para obtener alimentos flotantes. Por lo cual, aún no se dejaba pasar el alimento a la siguiente etapa de secado.



Figura 15. Prueba de flotabilidad durante el proceso

Posteriormente, durante la producción del alimento se tiene que asegurar que el alimento que sale del extrusor va tener la propiedad de flotar antes de continuar a la etapa de secado, de manera que si una características del alimento extruido es flotar, se decidió tomar al azar 10 *pellets* obtenidos al salir del extrusor, se dejaron enfriar y se depositaron en el vaso con agua(Figura 15), cuando se observó que 8 de 10 *pellets* se mantenían a flote, se decidió dejar pasar el alimento que salía del extrusor al secador.

Constantemente se estuvo midiendo la temperatura en el acondicionador y extrusor con un termómetro externo al sistema, y controlando la cantidad de agua y vapor adicionada a la mezcla durante el paso por el acondicionador



Figura 16. Control de la adición de vapor

(Figura 16). Cuando se obtuvo el alimento formado y flotante, se registrando las condiciones en las que operaba la máquina.

Las condiciones de operación se variaron en tres ocasiones para determinar cuáles eran las más adecuadas para lo cual se tomaron muestras por triplicado al estar saliendo el alimento del extrusor en cada una de las variaciones. Estas muestras se identificaron con el nombre de extruído 1, extruído 2 y extruído 3, porque fueron

tomadas al momento de salir de la boca del extrusor.

Cabe mencionar, que para identificar el alimento que había sido elaborado bajo las condiciones de proceso registradas fue necesario obtener las muestras al salir del extrusor, ya que, la planta de alimentos balanceados cuenta con un sistema de producción cerrado y la maquinaria no podía detenerse en cada cambio de condiciones del proceso, y al salir del extrusor todo el alimento pasa al secador.

Posteriormente, fueron analizadas determinando sus características físicas, para determinar bajo qué condiciones fue elaborado el alimento con las características físicas más adecuadas.

El alimento extruido se elevó al secador dejándolo por un tiempo de 30 minutos, luego, paso al proceso de enfriamiento por 30 minutos. Posteriormente se dirigió hacia la tolva de envasado pasando por la criba de polvos finos. Este alimento que concluyó los proceso de secado, enfriado, separación de polvos finos y envasado, se tomó muestra para conocer las características químicas, físicas y

funcionales del alimento destinado a los productores de tilapia, esta muestra se identificó con el nombre de alimento final.

Se analizaron las muestras obtenidas del extrusor (extruido 1,2 y 3) para determinar las características físicas más adecuadas y determinar las condiciones de proceso para elaborar el alimento.

La muestra obtenida al final del proceso, se analizó para conocer las características físico químicas del alimento producido.

#### 4.3.1.2. RESULTADOS

Las condiciones de operación para elaborar alimento acuícola con ensilado ácido de pescado diablo son las siguientes:

- ✓ El tiempo de mezclado de todos los ingredientes con el ensilado fue de 3 minutos, 22 segundos
- ✓ Las mediciones realizadas durante el acondicionamiento y extrusión de la mezcla para determinar las más adecuadas para producir el alimento, se muestran en la tabla 9.

Tabla 10. Condiciones de operación para elaborar el alimento con ensilado

Muestra	Acondicionador °C	Agua Litros/ton	Extrusor °C	Flotabilidad
Extruido 1	59-61	12	107-109	70-80
Extruido 2	64-65	10	114	90-100
Extruido 3	65-68	14	114	90-100

Otros parámetros proporcionados durante el proceso fueron:

- La cantidad de carga eléctrica de 103-105 Amperes, indicando que no existía un sobe esfuerzo de la maquinaria.
- La velocidad del motor de las cuchillas fue de 98.5 rpm, lo cual determino el tamaño del alimento en su longitud.
- La temperatura ambiental con un promedio de 28.7 a 31.9 °C y humedad relativa de 31 a 34 %.

La muestra de alimento final, contiene un porcentaje de humedad del 2 %, al estar el alimento terminado.

#### 4.3.1.3. IMPLICACIONES

- ✓ Los resultados obtenidos durante las pruebas de exploración realizadas anteriormente fueron muy importantes para que la empresa aceptara realizar esta prueba, porque al proponerle a la empresa el aprovechamiento del ensilado ácido de pescado diablo se pudo observar incertidumbre de utilizarlo por las características físicas del ensilado ácido de pescado diablo, que no creían que pudiera ser extruido adecuadamente (que se formara la estructura del alimento), y corrían el riesgo de que la maquinaria se atascara. Sin embargo, se contaba con los conocimientos de la experiencia durante la prueba exploratoria para poder discutir en términos técnicos la manera de incorporar el ensilado durante la elaboración del alimento extruido. Creando seguridad en la empresa para llevar a cabo la prueba.
- ✓ Al inicio de la prueba, se consideró por el contenido de humedad que aportaba el ensilado a la mezcla que no se adicionaría agua durante el acondicionamiento, pero se confirma que es necesaria para poder obtener la estructura del alimento (De los resultados obtenidos con la muestra extruido 2 y extruido3, tuvo mejor formación de estructura el extruido 3). Además, se observó que cuando se disminuía la cantidad de agua en el acondicionador, se obtenía un alimento sin forma (similar a cuando se preparan palomitas).
- ✓ Se conoce que el alimento extruido tiene muchas ventajas en la alimentación y que una propiedad del alimento extruido es su flotabilidad, siempre y

cuando sea extruido adecuadamente, pero normalmente durante el proceso de elaboración de alimento extruido los operadores solamente observan su formación de la estructura para decidir si esta extruido y pasarlo al secado, sin embargo, se observó que este alimento ya formado estructuralmente no flota si tiene una temperatura menor a 114°C en el extrusor y menor de 90 °C en el acondicionador.

- ✓ En el proceso de extrusión se observó claramente la variabilidad que tiene la temperatura y la estructura del alimento, al incrementar o disminuir la cantidad de vapor y agua durante el acondicionador, por mínimo que sea. De ahí la importancia de homogenizar el contenido de humedad en la mezcla desde la etapa de mezclado al incorporar el ensilado ácido de pescado diablo, por las variables se encuentran interrelacionadas y la variación de alguna impacta en las demás.
- ✓ En la planta de alimentos el sistema de producción es cerrado, motivo por el cual se tuvo que desviar la mezcla para poder incorporar el ensilado, esto se puede evitar, posiblemente incorporando lentamente el ensilado después de los demás insumos en la mezcladora dentro del sistema cerrado de producción, y colocando unos vibradores en donde se reduce el paso de la mezcla en "Y" para conducirlo por los transportadores hasta el acondicionador.
- ✓ Es necesario adecuar un instrumento de medición poder tener un control en la cantidad de adición del vapor y estandarizar las condiciones de proceso para la obtención de alimentos balanceados extruidos.
- ✓ El porcentaje de humedad contenido en el alimento final resultó ser bajo (2%), indicando la necesidad de reducir el tiempo y/o la temperatura durante el proceso de secado, para obtener un alimento con un 8% de humedad, al verificar esto, hay un ahorro de costo de producción en cuanto energía, gas y tiempo, además de representar mayor ganancia para la empresa porque incrementa su peso y el alimento es más atractivo para el cliente por su presentación del alimento para que su apariencia sea menos seca y quebradizo.

## 4.4. ESTIMACIÓN DEL PRECIO DEL ALIMENTO PRODUCIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO

El propósito de la industria de alimentos es abastecer a sus clientes cubriendo sus necesidades y generando satisfacción con productos competitivos en calidad nutricional, mediante un control de sus procesos y en precio, logrando competir en el mercado con otros competidores.

### 4.4.1. MÉTODO

Para establecer el precio del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo primero al realizar la formulación se calculó el costo por kilogramo de alimento producido con esta dieta.

Se le pidió a la empresa elaboradora de alimentos balanceados, el costo de producción de un alimento extruido elaborado tradicionalmente, en el que contempla el precio de: gas, electricidad, agua, recursos humanos, uso de la maquinaria y equipo (mantenimiento y reparaciones), gastos administrativos, costal para envasarlo, transporte del alimento a la capital del estado de Michoacán y utilidad de la empresa. Con esto contemplado se generó el precio de producción.

En el programa donde se realizó el cálculo de la formulación, se le adicionó el precio de producción, obteniendo el primer precio.

Por otro lado, normalmente un proceso de elaboración de alimento extruido lo realiza un operador de maquinaria y un trabajador, con la supervisión del jefe de producción, estos costos están contemplados en el primer precio. Y para realizar el alimento con ensilado fue necesario el apoyo de más recursos humanos por lo cual, durante la producción del alimento se midió el tiempo (tabla 10) que se requieren para producir 2 toneladas de alimento.

El tiempo medido se redondeó, contemplando el tiempo que el trabajador hace para colocarse en su posición para llevar a cabo su trabajo. Y se calculó el costo adicional. Multiplicando el tiempo requerido por las horas extras de trabajo.

Posteriormente, al primer precio calculado se le adicionó la diferencia del costo de producción por el incremento de recursos humanos, obteniendo el precio final.

#### 4.4.2. RESULTADOS

El primer precio calculado mediante la formulación fue de \$8.86.

El tiempo de trabajo requerido (tabla 12) para incorporar el ensilado fue de 2 horas 46 min y 54 seg. Y el salario del trabajador de \$16.26 por hora.

Tabla 11. Tiempos para incorporar el ensilado para elaborar 2 toneladas de alimento

LABOR	TIEMPO hr:min:seg	ACTIVIDAD
Montacargas	00:19:04	Trasladar el costal a la mezcladora y de la mezcladora al acondicionador
Trabajador	2:27:50	Pesar, incorporar y mezclar el ensilado. Llenar los costales y vaciarlos en la tolva que alimenta al acondicionador.

El tiempo lo redondeamos a 3 horas, considerando la diferencia del tiempo que tarda el trabajador en equiparse y trasladarse en la planta de alimentos a su posición de trabajo. Entonces 3 horas por el salario del trabajador, nos da un costo de \$48.78 pesos de dos trabajadores para elaborar 2 toneladas.

Incrementando el costo del alimento \$0.024 por kilogramo producido al precio calculado durante la formulación, dando un total de \$8.88 por kilogramo de

alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo, precio para entrar en el mercado, puesto el alimento en la ciudad de Morelia, Mich.

#### 4.4.3. IMPLICACIONES

El precio calculado del alimento producido, debe cubrir su proceso de producción incluyendo las complicaciones generados por las implicaciones para elaborarlo. También requiere del análisis de la situación del mercado en el cual ambas partes deben ganar y obtener beneficios.

Así mismo, es importante considerar los precios inestables de los insumos que se requieren para elaborar los alimentos balanceados recordando que dependen de la disponibilidad según la época del año y amenazas principalmente ambientales.

## 4.5. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ALIMENTO PRODUCIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO

Durante este estudio se analizaron las características químicas y físicas del alimento acuícola producido con ensilado ácido de pescado diablo. También, se analizaron algunas características físicas y químicas de las muestras de alimento obtenidas durante el extruido (extruido 1, 2 y 3), con la finalidad de determinar las condiciones de operación más adecuadas para elaborar alimento acuícola con ensilado ácido de pescado diablo.

### 4.5.1. MÉTODO

#### 4.5.1.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Las características químicas se determinaron mediante un análisis bromatológico y determinación de energía bruta, para determinar su aportación de nutrientes después del proceso de extrusión del alimento producido. Y una prueba de almidones modificados de las muestras extruido 1, 2, 3 y del alimento obtenido al final del proceso, para conocer el grado de cocción del alimento extruido.

##### 4.5.1.1.1. Análisis bromatológico

La muestra se mandó a Laboratorio FOGASA, Forrajera de Ganaderos de Aguascalientes S.A. de C.V., certificado por National Forage Testing Association 2012. Para evaluar la composición química del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo a través de un análisis bromatológico del alimento, utilizando los siguientes métodos: humedad, método AOAC 930.15, 2005; cenizas, método AOAC 942.05, 2005; proteína, método AOAC 990.03, 2005; grasa método AOCS Am 5-04; y fibra cruda, método AOCS Ba 6<sup>a</sup>-05.

#### 4.5.1.1.2. Prueba de almidones

En esta prueba se analizaron las muestras extruido 1, 2, 3, y del alimento final, para determinar las condiciones de proceso mediante su grado de cocción.

Esta prueba se realizó mediante el método descrito por Flint (1994), primero se tomaron tres pellets al azar de cada muestra y se dejó remojando con agua potable durante una hora. En seguida, se realizó un corte delgado del alimento, se colocó una tira delgada en un portaobjetos, se tiñó con azul de tripán al 0.5%, después de un minuto se le colocó un cubreobjetos y observó en microscopio compuesto con objetivo 40X.

#### 4.5.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las características físicas se determinaron mediante la evaluación de su apariencia (color, agrietamiento y aglomeramiento), número de *pellets* por gramo, longitud y diámetro, polvos finos, la densidad, la flotabilidad, y la estabilidad del alimento en el agua (hidroestabilidad). De acuerdo al método sugerido por Cruz (2006).

##### 4.5.1.2.1. Características físicas de apariencia

Se determinaron las características físicas de apariencia para el alimento final producido, por triplicado de muestra, cada muestra de 10 *pellets* tomados al azar. Observando la presencia de aglomeramiento, fracturas o grietas y uniformidad del color de los *pellets*; esto se realizó primero en seco a simple vista y después el alimento se remojó durante una hora, y después se observó con la ayuda de un microscopio estereoscópico, con objetivo 10X.

##### 4.5.1.2.2. Número de *pellets* por gramo

Para determinar el número de *pellets* producido contenido en un gramo, se utilizó una balanza analítica (0.001g de sensibilidad), se pesó un gramo de alimento y se contó el número de *pellets*; esta prueba se realizó por triplicado tomando las muestras al azar.

#### 4.5.1.2.3. Tamaño de alimento

El tamaño del alimento se determinó para el alimento final producido, midiendo con un vernier, la longitud y diámetro de 50 pellets tomados al azar del alimento producido. Posteriormente, se calculó el promedio, la desviación estándar y se representó en una gráfica de dispersión.

#### 4.5.1.2.4. Porcentaje de polvos finos.

Según Cruz (2006), el porcentaje de polvos finos son las partículas menores al tamaño del alimento especificado.

En el alimento que se obtuvo, se pudo observar a simple vista un 10 % de partículas de menor tamaño al alimento, debido probablemente por un mal proceso de elaboración de alimento como falta de cocción o por mal asentamiento de las cuchillas. Por lo cual, esta prueba se determinó según la técnica descrita por Cruz (2006), utilizando dos tamices de diferente abertura para diferenciar si las partículas menores al tamaño del alimento son producidas por falta de cocción o por problemas con las cuchillas.

Se utilizó tamiz de malla #18 (abertura de 2.38mm), una malla más del número #6 (abertura de 3.35mm), un tamizador y una balanza analítica (0.001gr sensibilidad). Se registró el peso de la base y tamices, luego, se pesaron 10 gramos de alimento sobre el tamiz #18, se colocaron en el tamizador durante dos minutos. Posteriormente, se pesaron los tamices. Esta prueba se realizó por triplicado con muestras de alimento final producido.

#### 4.5.1.2.5. Densidad del alimento

Se analizaron las tres muestras (extruido 1, 2 y 3), para determinar las condiciones de proceso más adecuadas, y al alimento final producido (Figura 17).

Según la técnica descrita por Cruz (2006), se determinó la densidad del alimento de la siguiente manera: se midió 30 ml de agua en una probeta de 100ml, se registró como volumen inicial, en seguida se pesaron 3 gramos de alimento se

depositó con la ayuda de un embudo dentro de la probeta, se eliminaron las burbujas y se registró el volumen final, los datos obtenidos se sustituyeron en la fórmula:

Densidad del alimento = materia seca / (volumen final-volumen inicial), obteniendo los siguientes resultados.

#### 4.5.1.2.6. Flotabilidad

La flotabilidad se determinó mediante las técnicas descritas por Cruz (2006) de las muestras extruido 1, 2 y 3 para determinar las condiciones de operación adecuadas en la planta de alimento. Y del alimento final producido, para determinar sus características.

En un vaso de precipitado se colocó agua potable a una temperatura de 28 °C, se depositaron 30 pelotitas, en el mismo momento que se inició el conteo del tiempo de flotación, se contaron el número de pelotitas que se mantuvieron a flotación y las que se sumergían, por un tiempo de 5 horas, después a las 24 horas se volvió a contar el número de *pellets* flotando. Posteriormente, se calculó el porcentaje de flotabilidad mediante una regla de tres simple. Se realizó por triplicado.

#### 4.5.1.2.7. Hidroestabilidad del alimento

La hidroestabilidad es la capacidad que tiene el alimento de retener los nutrientes dentro en el agua. Se determinó por triplicado para el alimento final producido, mediante el método descrito por Cruz (2006).

1. Se determinó el contenido de materia seca del alimento.
2. Se colocaron 5 gramos de alimento en cada tamiz (con malla de #6, 8 y 18).
3. Se sumergió en agua potable en un baño María, a una temperatura de 29°C, con movimientos bruscos del agua, durante una hora (imagen 16).
4. Posteriormente se drenó y se pasaron por el chorro de agua.

5. Se determinó materia seca, a 70 °C hasta obtener peso constante.
6. Finalmente se pesó y se calculó el porcentaje de retención de materia seca (RMS), sustituyendo los valores en la siguiente formula

$$\%RMS = 100 (\text{peso final de la muestra})/\text{peso inicial de muestra}$$



Figura 17 Método de análisis de retención de materia seca de alimento producido

#### 4.5.1.2.8. Energía bruta

Se determinó el contenido de energía bruta del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo.

Primero, se muestreo al azar el alimento producido, luego se molió en un molino de laboratorio IKA modelo MF10.2, con malla de 2mm. Posteriormente de la muestra molida se tomaron tres muestras de  $1\pm 0.001$ gr para determinar energía bruta mediante el método propuesto por Irma Tejada, 1992, utilizando una bomba calorimétrica.

## 4.5.2. RESULTADOS

### 4.5.2.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

#### 4.4.2.1.1. Análisis bromatológico, del alimento final producido.

Los resultados reportados por FOGASA de la composición proximal de nutrientes del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo se muestran en la tabla 13.

Tabla 12 Composición proximal del alimento acuícola elaborado con ensilado ácido de pescado diablo

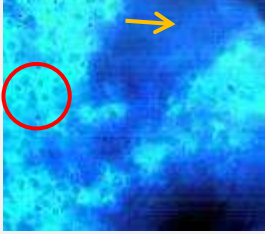

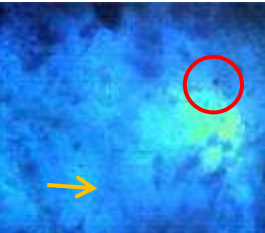
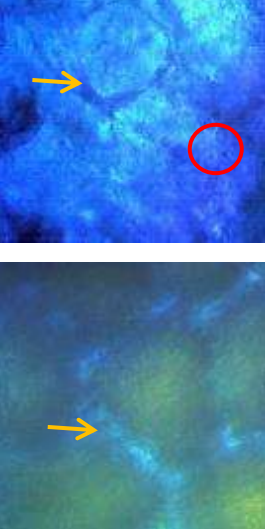
Composición Proximal	% Materia seca
Humedad	7.8
Materia Seca	94.34
Proteína	31.44
Lípidos	6.42
Fibra Cruda	2.84
Cenizas	11.23
Extracto Libre de Nitrógeno	48.07

(Bromatológico realizado en Laboratorio FOGASA)

#### 4.4.2.1.2. Análisis de Almidones Modificados

- ✓ En la tabla 14, se muestran las imágenes los resultados de la prueba de almidones modificados, en la cual, se observa de color azul fuerte los almidones teñidos, de los cuales las manchas sin forma son los almidones amorfos (roto) señalados por un flecha amarilla y los puntos azules son los almidones gelatinizados señalados por un círculo rojo.

Tabla 13. Resultado de Almidones Modificados del alimento extruido

Muestra	Imagen de almidones teñidos	Porcentaje de almidones modificados
<b>Extruido 1</b>		Se observó de un 60 a 80% de almidones amorfos, y un 20 a 40% de almidones gelatinizados
<b>Extruido 2</b>		Se observó de un 80 a 90 % de almidones amorfos, y un 10 a 20% de almidones gelatinizados
<b>Extruido 3</b>		Se observó de un 95ª 100 % de almidones amorfos, y un 0 a 5 % de almidones gelatinizados
<b>Alimento final</b>		Se observó de un 95ª 100 % de almidones amorfos, y un 0 a 5 % de almidones gelatinizados

#### 4.5.2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

##### 4.5.2.2.1. Características físicas de apariencia

Se observó a simple vista el alimento obtenido con ensilado para examinar la uniformidad de tamaños del *pellet* y aglomeración del mismo.

- No hay aglomeración del alimento
- El color del alimento se observa uniforme
- Se observa un 10 % de fracturas
- El color es café oscuro

1. Posteriormente se exploró el alimento húmedo con el apoyo de un microscopio estereoscópico con ocular 10X y zoom, evaluando sus características físicas

En el alimento producido su apariencia se observó de la siguiente manera:

- Uniformidad de partículas de los ingredientes.
- Color: café claro homogéneo en el alimento.
- Agrietamiento: se observaron un 40 % de grietas y fracturas, señalada con la flecha roja en la figura 18 b) y 18 c)
- No se observó contenido de material extraño

Figura 18. Presencia de grietas y fracturas del alimento producido con ensilado



#### 4.5.2.2.2. Numero de *pellet* por gramo

Tabla 14. Numero de *pellets* de alimento por gramo

Alimento	# de <i>pellets</i>
1.0 gr	11.6±0.47

#### 4.5.2.2.3. Tamaño de alimento

Los resultados de la longitud y diámetro se muestran en la tabla 11.

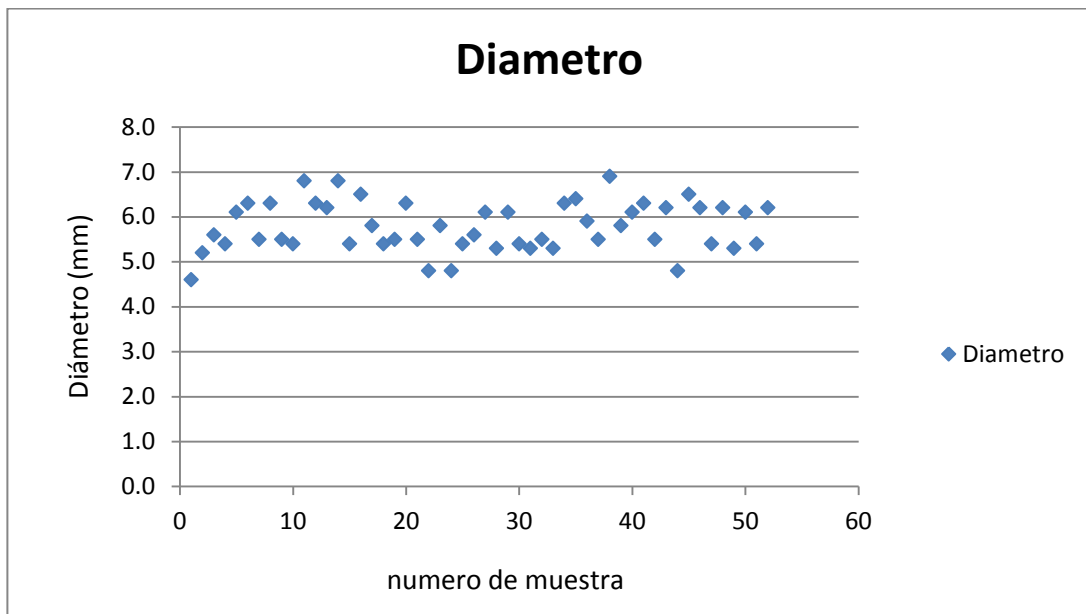
Tabla 15. Tamaño de alimento producido

	Promedio ± Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Longitud (mm)	5.07±0.84	3.2	6.5
Diámetro (mm)	5.78±0.57	4.6	6.9

En las figuras 4 y 5 se representan los valores encontrados de la longitud y diámetro del alimento, donde los resultados muestran un diámetro más homogéneo en comparación con la variación de tamaños que tenemos en la longitud del alimento.

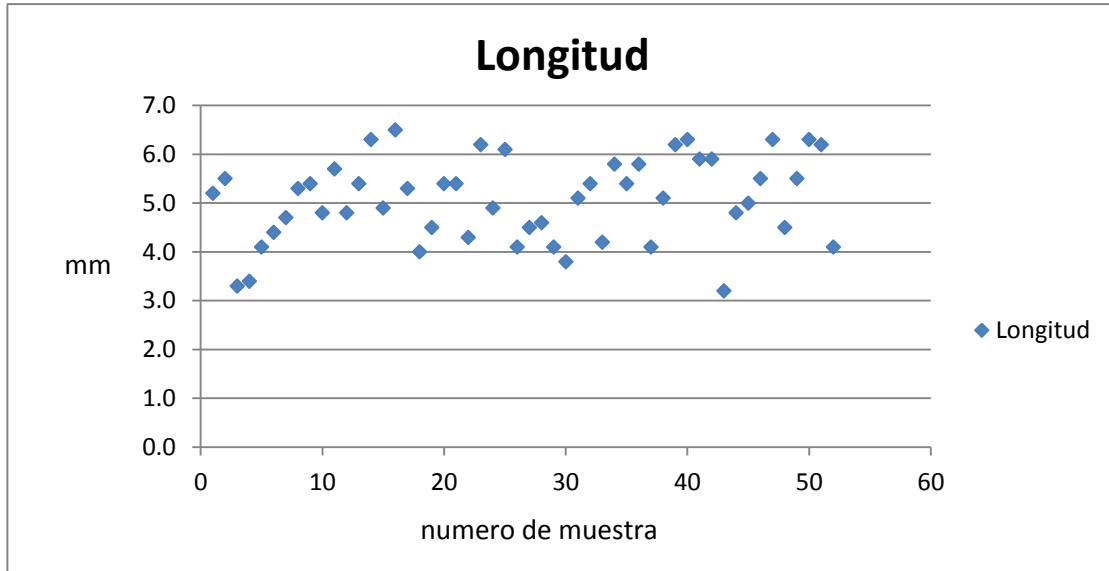
En la figura 4 se puede observar la variación del diámetro del alimento producido.

Figura 19. Diámetro del alimento producido con ensilado



En la figura 5, la variación de la longitud del alimento producido.

Figura 20. Longitud del aliento producido con ensilado



#### 4.5.2.2.4. Porcentaje de polvos finos.

Los resultados del porcentaje de polvos finos se muestran en la tabla 17

Tabla 16 Porcentaje de polvos finos

Tamaño de partícula	%
Menor a 1 mm	0.16 ±0.02
Menor a 3.35 mm	8.46±1.56
Mayor a 3.35 mm	91.41±1.59
Alimento completo	

El alimento contiene un  $0.16 \pm 0.02$  % polvos finos, y un  $8.46 \pm 1.56$  % de partículas menores al tamaño de alimento, por lo cual, se asume que este porcentaje corresponde a las colitas del alimento ocasionado por el mal asentamiento o desgaste de las cuchillas en el extrusor, por lo tanto, si el problema de cuchillas se corrige este porcentaje de polvos finos se disminuiría.

#### 4.5.2.2.5. Densidad del alimento

En la tabla 18, se muestra la densidad que tiene cada una de las muestras obtenidas del extrusor mediante diferentes condiciones de operación en el proceso de elaboración (muestra extruido 1, 2 y 3) y en la última fila se presenta la densidad del alimento final producido con ensilado.

Tabla 17 Densidad del alimento producido

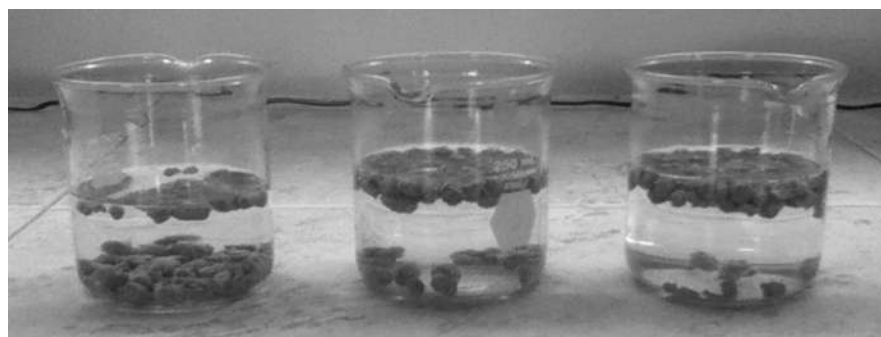
<b>Muestra</b>	<b>Densidad Promedio gr/ml</b>
Extruido 1	1.011±0.005
Extruido 2	0.785±0.005
Extruido 3	0.763±0.005
Alimento final	0.741±0.021

Basándonos en que los alimentos flotantes deben tener una densidad menor a la del agua para flotar, entonces estos resultados indican que las muestras extruido 2 y 3 y el alimento final, tienen la capacidad de flotar, ya que es menor a la densidad del agua dulce. Sin embargo, es necesario confirmarlo mediante la prueba de flotabilidad.

#### 4.5.2.2.6. Flotabilidad

La figura 21, muestra los resultados de esta prueba, en la cual se puede observar el alimento obtenido bajo las condiciones del extruido 3, tiene mayor porcentaje de flotación.

Figura 21. Flotabilidad del alimento extruido



Extruido 1

Extruido 2

Extruido 3

Y en la tabla 20 se presentan los resultados del porcentaje de flotación para las muestras obtenidas del extrusor (extruido 1, 2 y 3) después de 24 horas en el agua.

Tabla 18 Porcentaje de flotación por 24 horas.

<b>Muestra</b>	<b>% de pellets flotando</b>
Extruido 1	53.33±5.44
Extruido 2	73.33±2.72
Extruido 3	85.56±4.16

La muestra de extrusor 3 tiene mayor capacidad para mantenerse en la superficie, por lo tanto las condiciones de operación mediante las cuales fue elaborado son las más adecuadas

La flotabilidad del alimento final producido (figura 22), este alimento completó su proceso, aunque fue elaborado bajo las mismas condiciones que la muestra de extruido 3, tiene mayor capacidad de flotar, debido a que, el secado e enfriado incrementa esta propiedad.

Figura 22 Porcentaje de flotabilidad del alimento producido



El porcentaje de flotabilidad  
del alimento final producido

$96.67 \pm 3.33\%$

#### 4.5.2.2.7. Hidroestabilidad del alimento

En la tabla 21, se presenta el resultado del porcentaje de retención materia seca obtenida con diferentes aberturas de malla

Tabla 19 Retención de materia seca de alimento producido

Muestra	% Retención Materia Seca
Muestra malla#6	$89.47 \pm 0.050$
Muestra malla#8	$96.20 \pm 0.85$
Muestra malla#18	$98.13 \pm 0.34$

#### 4.5.2.2.8. Energía Bruta

El contenido de energía bruta es de  $4,574.36 \pm 292.07$  calorías/gramo.

#### 4.5.3. IMPLICACIONES

- ✓ Por los resultados obtenidos mediante la evaluación de las características físicas de las muestras extruido 1, 2 y 3, se determinaron que las condiciones de operación más adecuadas en la planta de alimento para elaborar alimento con ensilado ácido de pescado diablo, fueron con las que se elaboró la muestra extruido 3, esto implica que una alternativa de las condiciones de proceso adecuadas para obtener el alimento con ensilado ácido de pescado diablo mediante un proceso industrial de extrusión son: incorporación del ensilado en la etapa de mezclado por un tiempo de 3 minutos 22 segundos; Acondicionamiento de la mezcla con adición de 14 lb/ton de agua a presión constante de 4 kg/cm<sup>2</sup>, temperatura de 65-68°C, adición de vapor a presión constante 7kg/cm<sup>2</sup>; Extrusor, temperatura de 114°C; Secado por 30 minutos a 96°C y enfriado por 30 minutos.
- ✓ La calidad del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo es posible mejorarla, porque se puede alcanzar y controlar la temperatura adecuada en el acondicionador y extrusor, en una producción mayor de alimento, y se facilita después de un tiempo de estar trabajando la maquinaria, aunando a esto, la posibilidad de poder controlar la cantidad de vapor en acondicionador. De esta manera se lograría mejor cohesión y adhesión de los ingredientes, mejorando principalmente sus características físicas.
- ✓ El resultado del análisis bromatológico, nos confirma que el alimento elaborado con ensilado ácido de pescado diablo contiene los nutrientes necesarios para cubrir los requerimientos de las tilapias en etapa de engorda.
- ✓ En cuanto a sus características físicas:
- ✓ Porcentaje de polvos finos se puede disminuir, se observó que la mayoría de estos polvos eran colas del alimento producidas por el desgaste y mal asentamiento de las cuchillas con el dado en la salida del extrusor, para evitar esto se pudieran colocar unas cuchillas nuevas o rectificar las mismas. Y

a su vez, se disminuye la merma por el desperdicio tanto para la empresa como para el productor.

- ✓ Se observaron fracturas y fisuras en alimento elaborado con ensilado, por lo tanto, según Cruz (2006), esto nos indica defectos durante el proceso de elaboración como tamaño de partícula inadecuada o enfriamiento rápido de los *pellets*, por lo tanto, para mejorar la calidad de este alimento será necesario controlar el tiempo y temperatura durante el enfriado, además que se podría homogenizar el tamaño de partícula al moler la mezcla ya hecha, es decir antes de iniciar su etapa de acondicionamiento.
- ✓ Tamaño del alimento presenta variabilidad en diámetro siendo mayor la variación de su longitud. Esto indica un mal proceso de corte durante el proceso de elaboración del alimento. El obtener esta diferencia de tamaño implica que las tilapias tengan la oportunidad de seleccionar el alimento, además de tener una mala presentación para el cliente por no tener uniformidad de tamaños.
- ✓ Además, los resultados del porcentaje de polvos finos aunado a la variación de tamaños, se comprueba la necesidad de arreglar las cuchillas de la cortadora.
- ✓ También, se pueden mejorar su densidad y por lo tanto su flotabilidad al obtener una producción más homogénea en cuanto sus condiciones durante su elaboración que aquí la importancia de poder medir y controlar las variables que intervienen durante su elaboración, principalmente en el acondicionador y extrusión, aunque, durante el secado si se controla de manera adecuada la temperatura y tiempo se mejora característica de flotabilidad.

## 4.5. EVALUACIÓN DE LA ACEPTACIÓN DEL ALIMENTO PRODUCIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO POR LA TILAPIA

La validación del alimento se llevó a cabo mediante una prueba de comportamiento con la finalidad de observar la aceptación del alimento por las tilapias, verificando que la tilapia lo localice, capture e ingiera sin rechazo alguno el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo.

### 4.5.1. MATERIAL Y MÉTODO

En el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo se evaluó la aceptación del alimento mediante tres pruebas:

1. Para determinar la aceptabilidad, primero, se ofreció el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo a tres grupos de tilapias, instaladas dentro de estanques de concreto. Se grabó el momento de la captura del alimento con una cámara digital.

Posteriormente, al mismo grupo de tilapias instaladas en el estanque de concreto, se ofreció simultáneamente el alimento comercial que consumen normalmente junto con el alimento producido con ensilado, con la finalidad de observar alguna selección del alimento. El alimento producido fue evaluado mediante una prueba de aceptación en tilapias con un peso promedio, en tres acuarios con aireación, donde se colocó una tilapia por acuario, se alimentaron durante 15 días, ofreciendo el 2% de la biomasa, dos veces al día, se grabó el momento de la alimentación. Los primeros 4 días no hubo consumo de alimento, del día 5 al 15 el alimento se consumió satisfactoriamente, determinando que el alimento es localizado, capturado e ingerido sin rechazo alguno.

2. Finalmente para observar el proceso completo de consumo, e identificar la ingesta o rechazo del alimento, se montaron 3 acuarios con una capacidad de 70 litros, colocando una tilapia  $63.38\text{gr} \pm 9.8\text{gr}$  y una talla de  $14.87\text{cm} \pm 1.06\text{cm}$  en cada una con su sistema de aireación y tres cámaras de video, conectadas a la computadora. Se ofreció alimento dos veces al día durante 15 días, diario se monitoreo la calidad del agua y se limpiaron excretas, haciendo recambios de agua del 50 % cada tercer día al final de la alimentación. Durante cada ofrecimiento de alimento se grabó video, los cuales se analizaron posteriormente, identificando las fases del proceso del consumo.

#### 4.5.2. RESULTADOS

1. Se observó que la tilapia localiza, captura e ingiere el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo sin rechazo, esto durante los primeros 10 segundos de ofrecido el alimento, (Figura 23).



Figura 23. Prueba de aceptación del alimento producido

2. Al ofrecer el alimento comercial simultáneamente con el alimento producido con ensilado, las tilapias no presentaron conducta de selección por alguno de los alimentos, los dos alimentos fueron consumidos de la misma manera y en el transcurso de 10 segundos después de alimentarlas.

3. En la prueba de las columnas de agua, los primeros 4 días no hubo consumo, se asume que fue debido al estrés, sin embargo, el día 5 los animales comenzaron a consumir el alimento, día 6 al 15, se ofreció el alimento 2 veces al día. Durante las videograbaciones, se observó cómo localizan el alimento inmediatamente después de ofrecerlo, tardan de 10 a 30 minutos en capturarlo, e inmediatamente después lo ingiere sin rechazarlo (figura 24, el círculo rojo señala el alimento), esto se puede atribuir, a que las tilapias se encontraban estresadas ocasionado por el cambio de hábitat.

Figura 24 . Proceso del consumo de alimento



#### 4.5.3. IMPLICACIONES

Mediante estas pruebas se observó la aceptación del alimento de la misma manera que lo hace con el alimento comercial que comúnmente consumen estas tilapias. Indicándonos que no existe una diferencia para la tilapia al consumir el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo, sin embargo, durante las dos primeras pruebas, el agua de los estanques se encontraba turbia, y solamente se pudo observar y asegurar que el alimento fue localizado y capturado, por lo tanto fue necesario realizar la prueba en los acuarios para tener mayor visibilidad, comprobando la localización, captura e ingesta del alimento producido con ensilado ácido sin rechazo, confirmando que el alimento es aceptado por las tilapias, esto es importante, porque según Botero

(2004) los peces no alcanzan a percibir la textura del alimento hasta el momento que los toma y de no ser lo deseado los rechaza.

Por esta razón, se planeó la prueba de aceptación en las columnas de agua clara y observar que el alimento no fuera rechazado. Así se confirmó el consumo satisfactorio del alimento por la tilapia sin rechazo.

Para realizar la prueba en las columnas de agua, fue necesario adaptarlas a condiciones diferentes de aislamiento, esto ocasionó estrés en las tilapias, razón por la cual, localizaba el alimento, y el menor ruido se retiraba retardando la captura, a diferencia con lo observado en la primeras pruebas.

La localización, captura e ingestión o rechazo de los alimentos son influenciados por diferentes factores. Para que las tilapias localicen el alimento, se requiere que este sea atractivo tanto física y químicamente, razón por la cual frecuentemente en la industria de alimentos se añaden atrayentes a los alimentos asegurando el consumo de los mismos.

Ahora bien, una propiedad nutricional del ensilado ácido de pescado diablo es su calidad de proteínas, que por su proceso de elaboración, se encuentran desnaturalizadas, es decir, en forma de aminoácidos libres, lo cual funciona como atrayente natural, y contribuye al consumo satisfactorio del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo.

.

## 4.6. VALIDACIÓN DEL ALIMENTO PRODUCIDO CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO POR EL SISTEMA PRODUCTO TILAPIA DE MICHOACÁN.

Se planteó esta prueba con los productores del Sistema Producto Tilapia de Michoacán con el propósito de asegurar que el alimento producido cumple con las necesidades de la especie y del productor. Permitiendo que los productores como usuarios determinen desde su punto de vista la aceptación del alimento en cuanto a función y rendimiento.

El objetivo de este experimento fue documentar la experiencia que tiene el productor, al utilizar el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo en la alimentación de las tilapias en etapa de engorda bajo el sistema de alimentación que tiene el Sistema Producto Tilapia de Michoacán. Y a su vez poder retroalimentar a la planta de alimentos con las observaciones generadas.

### 4.6.1. MÉTODO

Primero, mediante un taller participativo, con el Sistema Producto Tilapia de Michoacán en la ciudad de Lázaro Cárdenas, se presentó y entregó el alimento producido a los productores. Y durante este taller se acordó realizar la prueba de comportamiento en la etapa de engorda, para la cual no se montó un diseño experimental, sino que, se planeó realizarla bajo el sistema de producción que tiene el productor dándole seguimiento.

Durante el taller, los productores del Sistema Producto Tilapia de Michoacán, plantearon realizar la prueba con el productor: Sr. Francisco Javier Ramírez Rosales, por su manera de trabajar ordenada, llevar registros de su graja, 6 años de experiencia, y ser referencia para los demás acuicultores. La prueba se realizó en la granja llamada San Blas, ubicada en la carretera Lázaro Cárdenas - La Mira, entronque con Puente la Vía, en donde cuenta con estanques excavados, alimentados por el agua de canal de la presa la Villita.



Figura 25. Estanque utilizado para realizar la prueba con los productores de tilapia

El estanque que se utilizó para la prueba (figura 25), mide 800 m<sup>2</sup> por 1.5m de profundidad, se sembraron 4,000 organismos, esto es, una densidad de población de 3-4 organismos por m<sup>3</sup>, con un peso inicial promedio de 311±80.19gr y una talla promedio de 23.9±2.01 cm. Periodo de alimentación 48 días, con alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo.

Se realizó bajo un sistema de producción semi-intensivo, bajo el siguiente sistema de alimentación:

- ✓ Se ofreció diario el equivale al 1.7% de la biomasa de alimento con ensilado dividido en dos raciones, un promedio de 20 kg diarios durante los primeros 30 días, y 25 kg durante los últimos 18 días.
- ✓ El horario de alimentación fue a las 11 am y a las 5 pm
- ✓ La calidad del agua fue monitoreada cada 15 días por un técnico de Asistencia Técnica Productores Acuícolas por parte de CESAMICH (Comité

Estatad de Sanidad del Estado de Michoacán, A.C.). El productor al no contar con equipo y teniendo la experiencia que en días nublados el oxígeno disuelto en el agua disminuye por las mañanas, estuvo vigilando a diario que cualquier indicador de falta de oxígeno. Esto lo identifican al observar que las tilapias permanecen cerca del chorro de agua, por las mañanas, estando nublado e incrementan el flujo de agua.

- ✓ Durante la prueba se limitó el consumo de alimento por tres días al observar falta de oxígeno en el transcurso de la prueba. Por presencia de días nublados y problemas de abastecimiento de agua de la presa.
- ✓ Se realizaron biometrías cada 15 días, el procedimiento fue el siguiente (Figura 26):



Figura 26. Método de la biometría

1. Se utilizó una balanza digital, nivelándola en la orilla del estanque, una regla con un rango de 1 a 30 cm y una red.
  2. El productor se introdujo al estanque para realizar la captura de las tilapias al azar.
  3. Se realizó la medición de talla y peso de cada tilapia, regresándolas al estanque. Además, se realizó una revisión visual, identificando alguna anomalía, o señales de alguna enfermedad.
  4. Se capturaron los datos en el programa de SPSS para Windows y se realizó un análisis de frecuencias, representado en un histograma.
- 
- ✓ Se calculó la ganancia de peso por día, el consumo de alimento por día para obtener la tasa de conversión alimenticia promedio, sustituyendo los promedios de los datos obtenidos en las biometrías del periodo de alimentación de la tilapias en etapa de engorda.

$$\text{Tasa de conversión alimenticia} = \frac{\text{alimento consumido (gr/día)}}{\text{ganancia de peso (gr/día)}}$$

- ✓ Se calculó el porcentaje de mortalidad, durante la prueba.

## 4.6.2. RESULTADOS

### 4.6.2.1. Taller participativo con el Sistema producto Tilapia

En el taller participativo (figura 27), se percibió interés de los productores para conocer y validar el alimento, mediante el taller se obtuvo lo siguiente:

1. Los productores conocieran el alimento elaborado y sus características fisicoquímicas.
2. Organización de los productores para validar el alimento, mediante la prueba de comportamiento de engorda de tilapias con el Sistema Producto Tilapia.
3. Las expectativas del productor respecto al funcionamiento de alimento, las cuales son: el alimento tuviera las características físicas similares al alimento comercial comúnmente utilizado y se obtuvieran una tasa de conversión alimenticia baja en la producción de tilapias.



Figura 27. Taller participativo con el Sistema Producto Tilapia, de Michoacán

### 4.6.2.2. Calidad del agua

Los parámetros ambientales, físicos y químicos del agua (tabla 20) durante el periodo de la prueba fueron los adecuados para su desarrollo, con la excepción

de cuatro días durante los cuales dos hubo problemas de oxígeno, presencia de días nublados.

Dos días se disminuyó la cantidad de agua que abastece el estanque por problemas generados en la compuerta de la presa la Villita, motivo por el cual durante tres días se disminuyó a la mitad el alimento ofrecido y un día se suspendió.

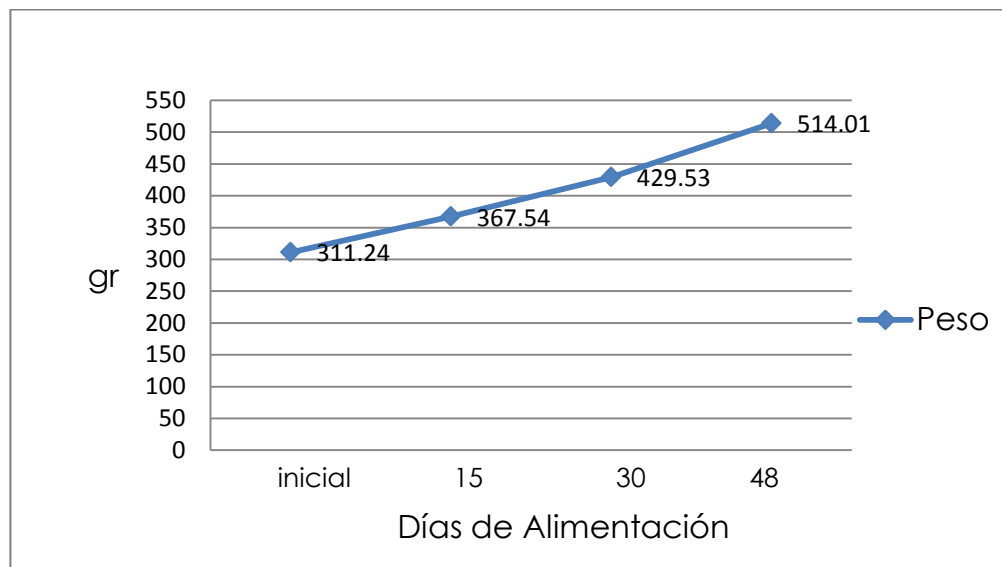
Temperatura	29.35 ± 0.45 °C
Oxígeno disuelto	6.5 ± 2 mg/L
pH	7.95 ± 0.25
Sólidos totales	246.5 ± 3.5 ppm
Salinidad	0.23 ± 0.005
Turbidez	32.5 ± 12.5 cm

#### 4.6.2.3. Ganancia de peso

El peso inicial promedio de la tilapias fue de 311.24±79.40gr, donde el peso mínimo fue de 104 gr y el máximo de 442 gr. El peso promedio final fue 514.07±133.79, peso mínimo 246 gr y el máximo de 812 gr. La ganancia de peso promedio final fue de 202.83 gr y la ganancia de peso diario 4.224.22 ±0.50gr. El consumo de alimento diario 5.09±1.54gr. Y la tasa de conversión alimenticia fue de 1.20.

En la figura 6, se representan los valores promedio del crecimiento en peso de la tilapias alimentadas con el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo.

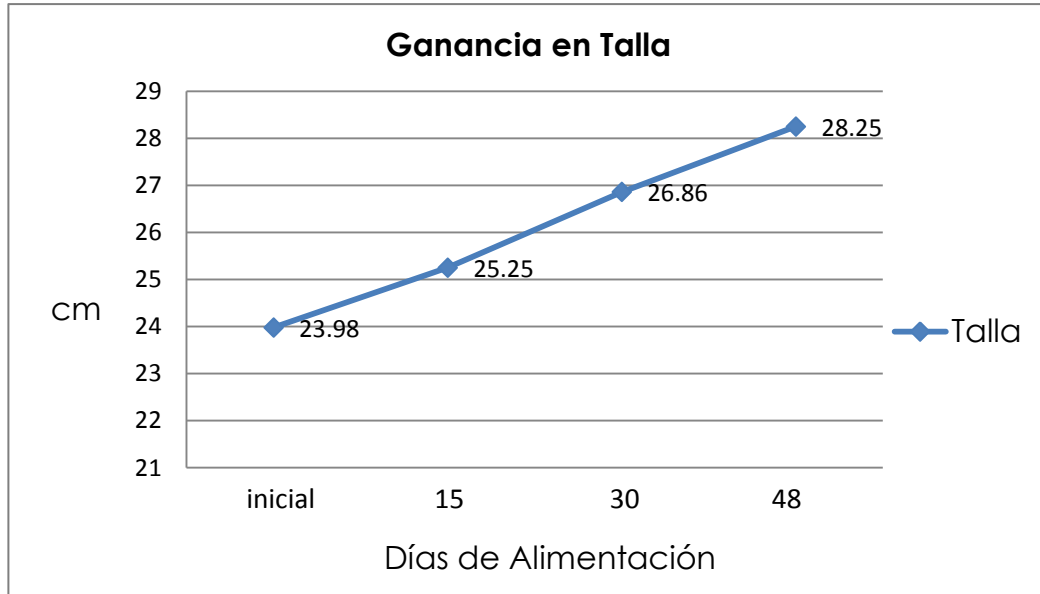
Figura 28. Ganancia de peso de las tilapias en 48 días



#### 4.6.2.4. Ganancia en Talla

En la figura 7, se representan los valores promedio del crecimiento en talla de las tilapias alimentadas con el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo, su talla promedio inicial fue de  $23.98 \pm 1.99$  cm, la talla mínima de 18 cm y máxima de 27 cm. Talla promedio final de  $28.25 \pm 2.10$ , la talla mínima de 24 y máxima de 30. La ganancia de talla promedio durante la prueba fue de 4.27 cm.

Figura 29 Ganancia de talla de las tilapias en 48 días



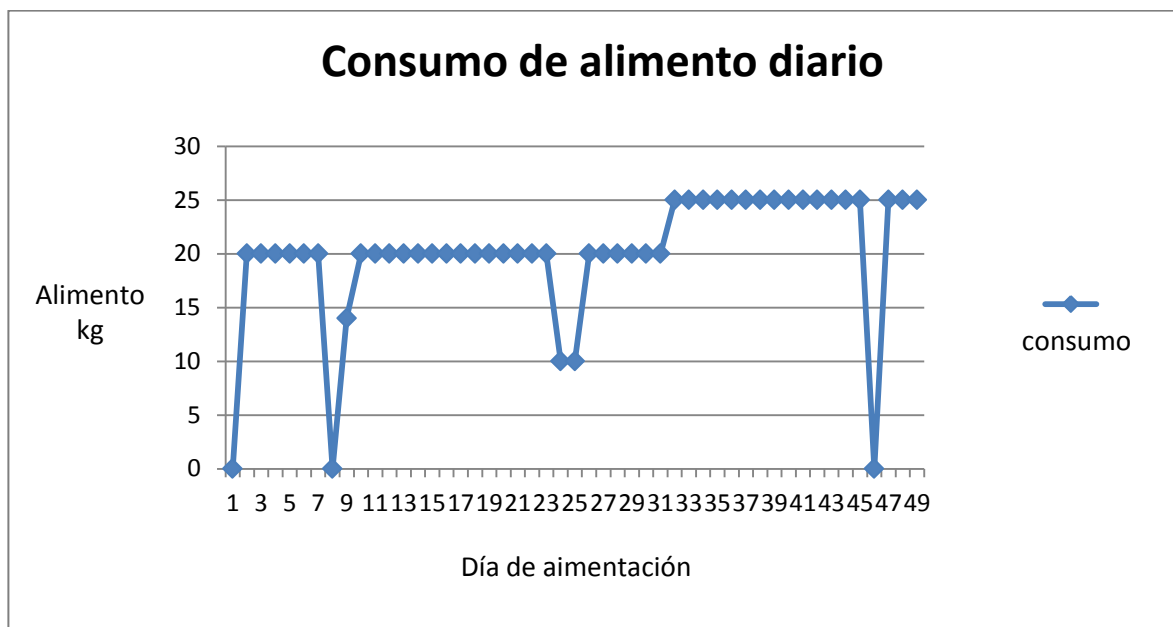
#### 4.6.2.5. Consumo de Alimento

Es necesario señalar que se realizó durante los meses de lluvia (mayo-junio) lo cual es un factor importante en este sistema de alimentación, ya que, disminuye el oxígeno disuelto, se incrementa el flujo de agua, pero también se disminuye la cantidad de alimento ofrecido y en ocasiones es necesario suspenderla.

En la figura 8, se observa el consumo diario de alimento con ensilado ofrecido a las tilapias en el estanque de prueba, se observan los días que se suspendió el alimento

- Día 1, no se ofreció por manejo de las tilapias
- Día 8 y 46, se suspendió el alimento por problemas descenso de oxígeno disuelto en el agua
- Día 9, se ofreció solo una comida para recuperar el oxígeno disuelto en el agua
- Día 24 y 25, se redujo la cantidad de alimento, para prevenir limitantes de oxígeno en los organismos, hubo disminución del flujo de agua

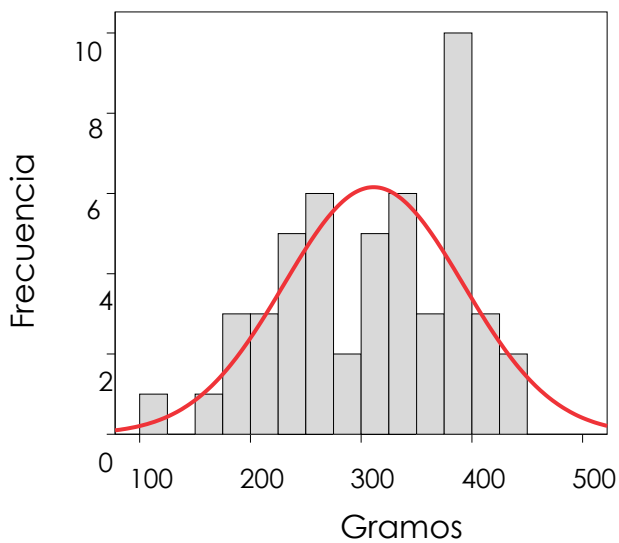
Figura 30. Consumo de alimento diario en el estanque de prueba



#### 4.6.2.6. Análisis Estadístico

De acuerdo al análisis de frecuencias realizado, se obtuvieron las gráficas de las figuras 9, 10, 11 y 12, en donde se observa la curva de la campana de Gauss (línea de color rojo) indicando la variabilidad de los pesos durante la prueba de engorda de tilapias, esta curva al inicio de la prueba se encuentra más chata (figura 9), se va haciendo más punteada al término de la prueba (figura 12), representando que el peso del grupo de tilapias se fue homogenizando al término de la prueba.

Figura 31. Pesos de las tilapias al inicio de la prueba

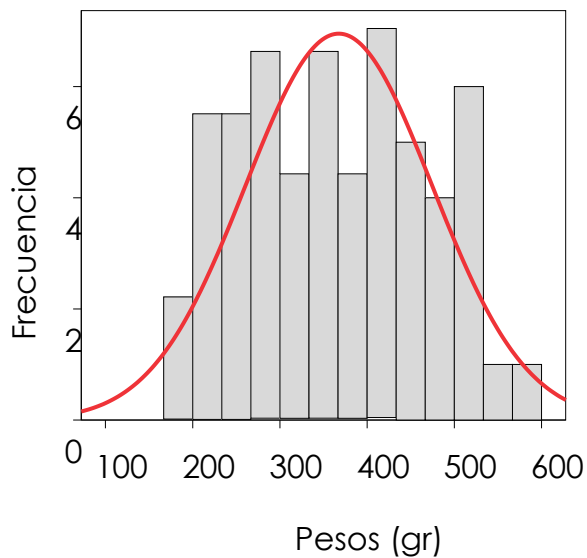


Media =311.24

Desviación típica =81.004

N =50

Figura 32. Pesos de las tilapias al día 16 de la prueba



Media =367.54

Desviación típica =107.086

N =56

Figura 33. Pesos de las tilapias al día 30 de la prueba

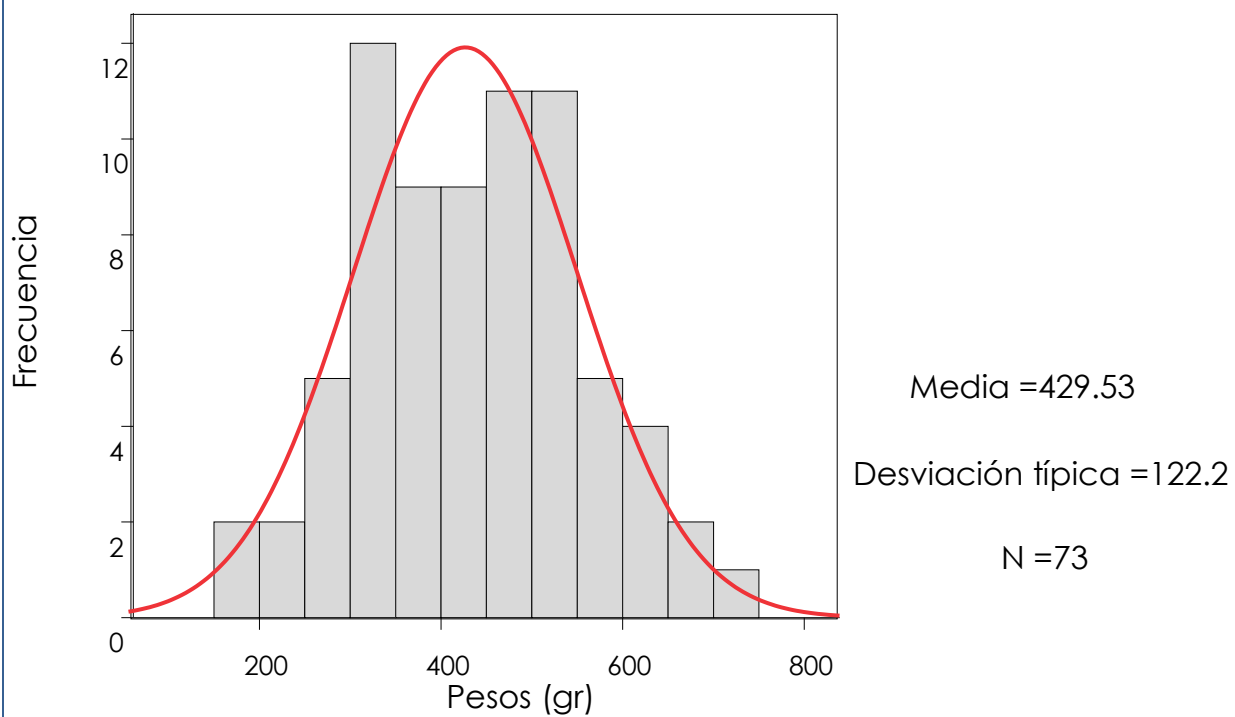
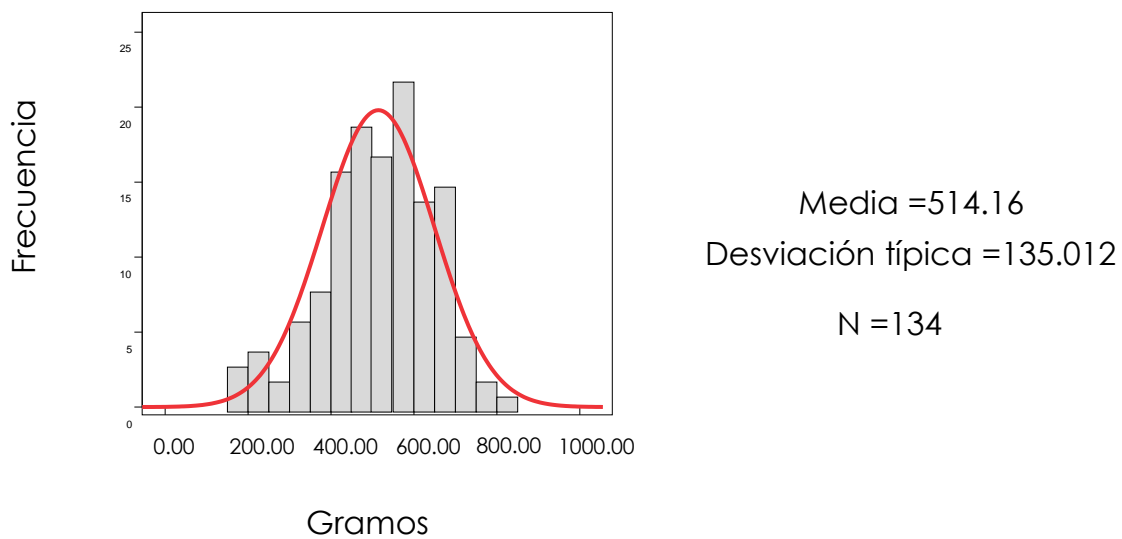


Figura 34. Pesos de las tilapias al día 48 de la prueba



En el análisis de frecuencias del crecimiento en tallas de las tilapias durante la prueba se obtuvieron las gráficas mostradas en la figura 13, 14, 15 y 16, donde se observa el incremento en el número de tilapias con mayor talla de 28 a 30 cm, aunque no se alcanza a apreciar homogeneidad en tallas.

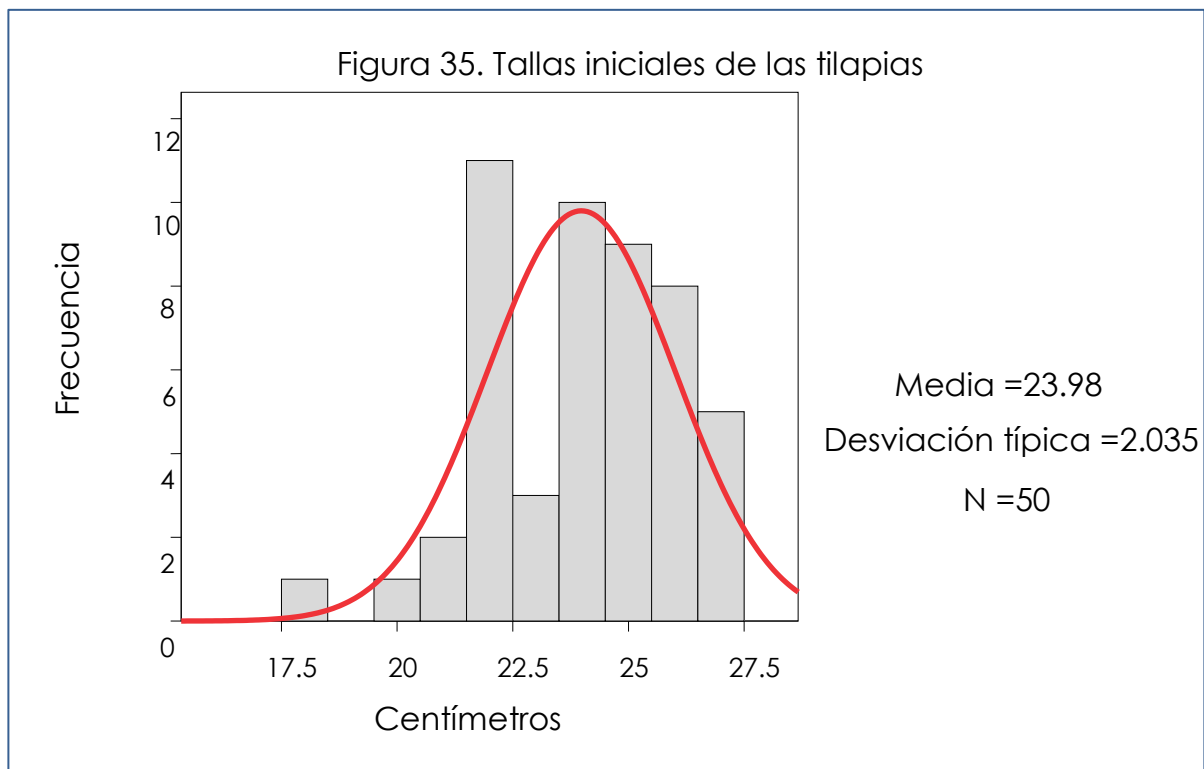


Figura 36. Tallas de las tilapias al día 16 de la prueba

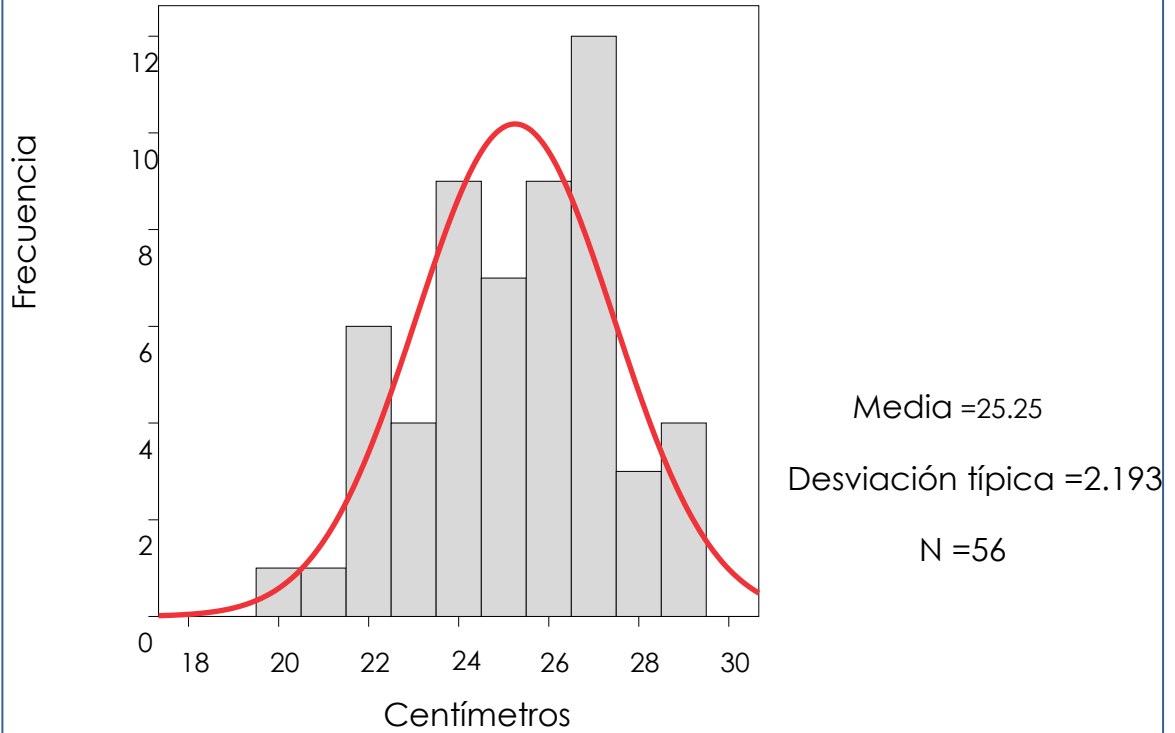


Figura 37. Tallas de las tilapias al día 30 de la prueba

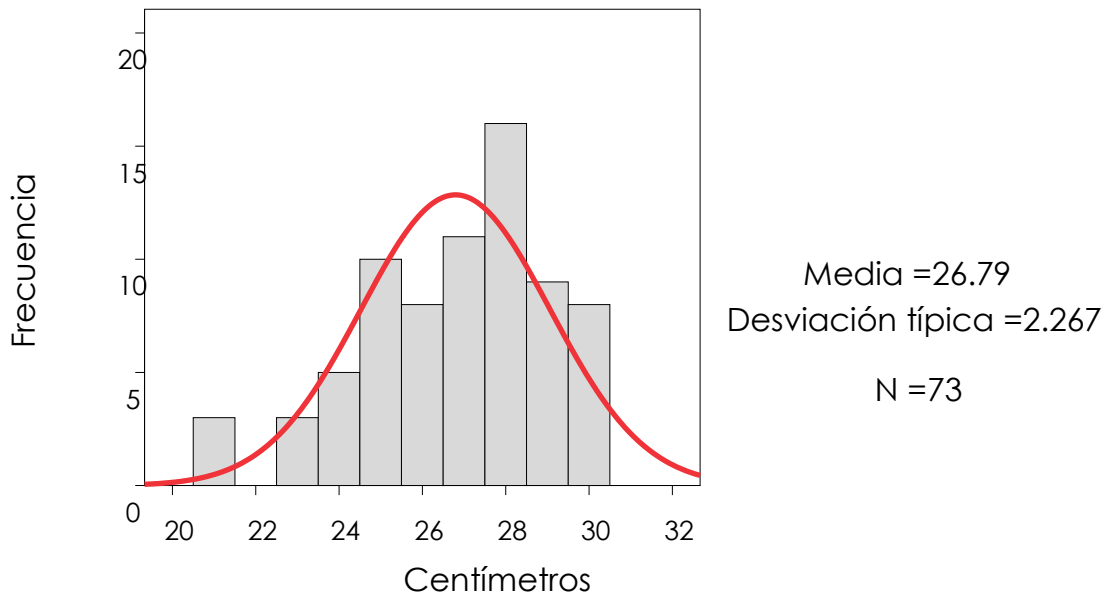
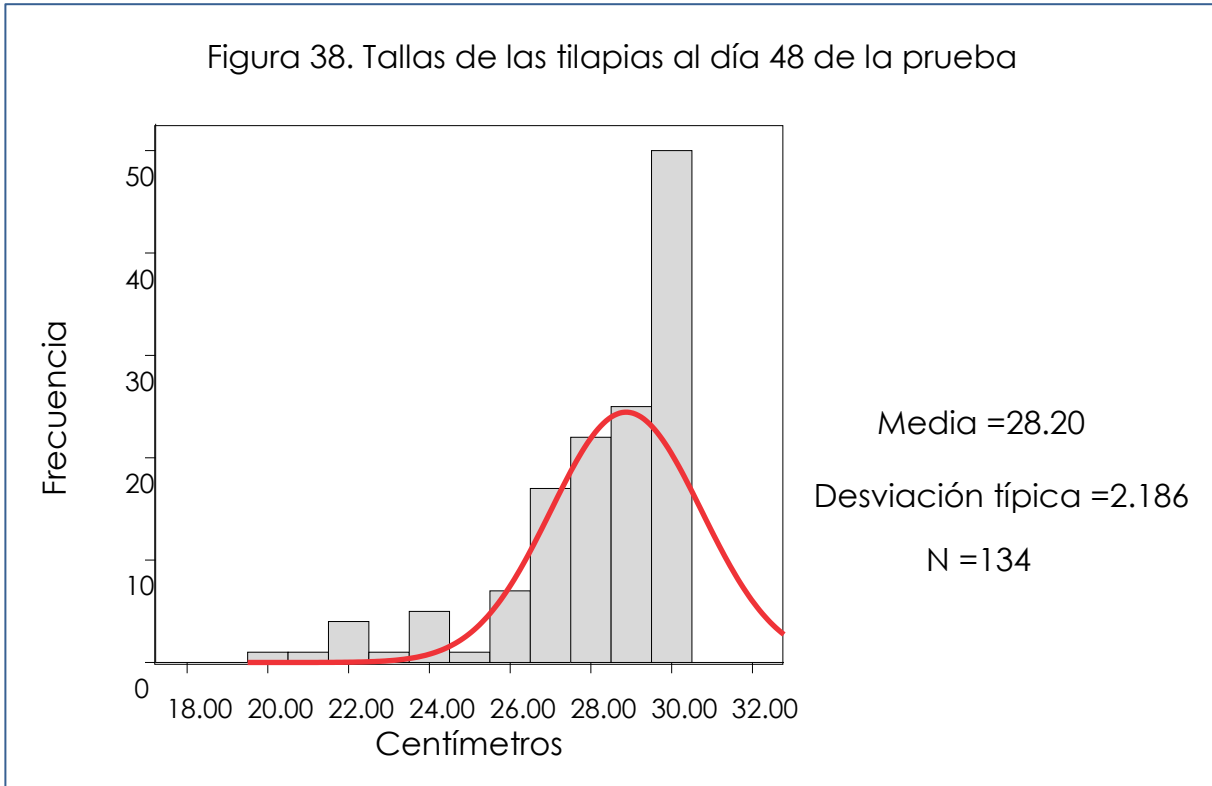


Figura 38. Tallas de las tilapias al día 48 de la prueba



#### 4.6.2.7. Sobrevivencia

En el periodo de la prueba se presentaron problemas por disminución de oxígeno disuelto en el agua por la presencia de días nublados y problemas que se presentaron con la presa la Villita que abastece de agua a la granja, donde a pesar de incrementar el flujo de agua hubo una mortalidad de mortalidad.

Porcentaje de mortalidad=0.25 %

Sobrevivencia = 99.75%

#### 4.6.2.8. Experiencia del Productor

Las observaciones hechas por los productores respecto al experimentar el uso del alimento producido,

La opinión del productor sobre el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo, al concluir la prueba de engorde de tilapias, son los siguientes:

- ✓ El consumo del alimento fue muy satisfactorio, las tilapias aceptaron de la misma manera el alimento que como consumen otro alimento comercial
- ✓ El comentario del productor que realizó la prueba fue de estar sorprendido con los resultados de la tasa conversión alimenticia, y la apariencia físicas de las tilapias.
- ✓ El alimento presenta alto contenido de polvos finos, que ocasionan un sobrenadante en el estanque, e cual se desvanece con el flujo del agua.
- ✓ Su punto de vista es que el alimento es bueno, y que si lo utilizaría para su producción, pero le gustaría que se disminuyera el porcentaje de polvos finos
- ✓ El alimento comercial utilizado normalmente, contiene un baño de aceite después de ser extruido, dándole su apariencia grasosa, esta característica del alimento los productores han observado que cuando el alimento no es consumido inmediatamente en el agua se queda una capa de grasa en el agua, sin embargo, los productores opinan que esta característica hace más atractivo el alimento para la tilapia. Compararon con el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo que no contiene el aceite en el exterior, porque se adicionó desde el proceso de mezclado, y su opinión fue: que les agradaba que el alimento producido no ensuciaba el agua con grasa del alimento de la misma manera, siendo ventaja del alimento para algunos, otra opinión fue que es necesario el recubrimiento como atrayente para su consumo inmediato.

#### 4.6.3. IMPLICACIONES

Esta prueba de validación del alimento es muy significativa para verificar que el alimento cubra las necesidades de la especie y del productor satisfactoriamente bajo su propio sistema de alimentación.

El comportamiento de la prueba de engorda de las tilapias alimentadas con el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo fue satisfactorio, se pudo valorar a través de la conversión alimenticia, este dato es representativo para los productores del Sistema Producto Tilapia de Michoacán, por su interpretación, esto le indica al productor que para producir una tonelada de tilapias necesita comprar 1.2 toneladas de alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo a menor precio que el comercial comúnmente utilizado.

La conversión alimenticia obtenida durante a prueba, los productores la compararon con la conversión alimenticia que regularmente tienen de 1.5 a 1.8 bajo el mismo sistema de alimentación, donde la restricción para tomarlo como referencia son todos los factores que pueden intervenir durante la producción, por lo que no pudo ser comparada como testigo por la dificultad de mantener las mismas condiciones en estos sistemas de producción. Sin embargo, la experiencia adquirida mediante esta prueba resulto muy positiva, para darle el valor al alimento.

Esta conversión alimenticia baja implica que el alimento producido contiene energía digerible aportada a las tilapias por las proteínas, lípidos y carbohidratos de la dieta, ya que ésta determina la cantidad de alimento consumido por los peces.

Una deficiencia de nutrientes principalmente de proteínas y de aminoácidos conduce al retardo en el crecimiento, pérdida de peso, presencia de enfermedades y alta mortalidad. Sin embargo, durante esta prueba al tener una respuesta nutricional satisfactoria dada por la evaluación de la tasa de

conversión del alimento, la ganancia de peso, la velocidad de crecimiento, tasa de supervivencia y supresión de síntomas de carencia de algún nutriente, se asume, que el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo aporta los nutrientes adecuados en la alimentación de la tilapia. Sin embargo habría que confirmar mediante otra investigación.

Se asume que, el alimento extruido con ensilado contribuye a la baja conversión alimenticia, porque según Aguilar *et al* (2010) es evidente el efecto del procesamiento sobre el desempeño productivo de la tilapia.

Además se confirma lo que menciona Basilde (2003), que los alimentos balanceados que incluyen ensilado de pescado como fuente proteica permiten lograr el máximo de ganancia de peso.

Se cumplieron las expectativas del productor, de tal manera que proponen se le produzca más alimento para otras etapas de desarrollo de las tilapias. Esto implica industrializar y comercializar el ensilado ácido de pescado diablo para proveer a la industria de alimentos balanceados, que podría ser a través de los mismos productores de tilapia.

## 5. RESULTADOS GENERALES

---

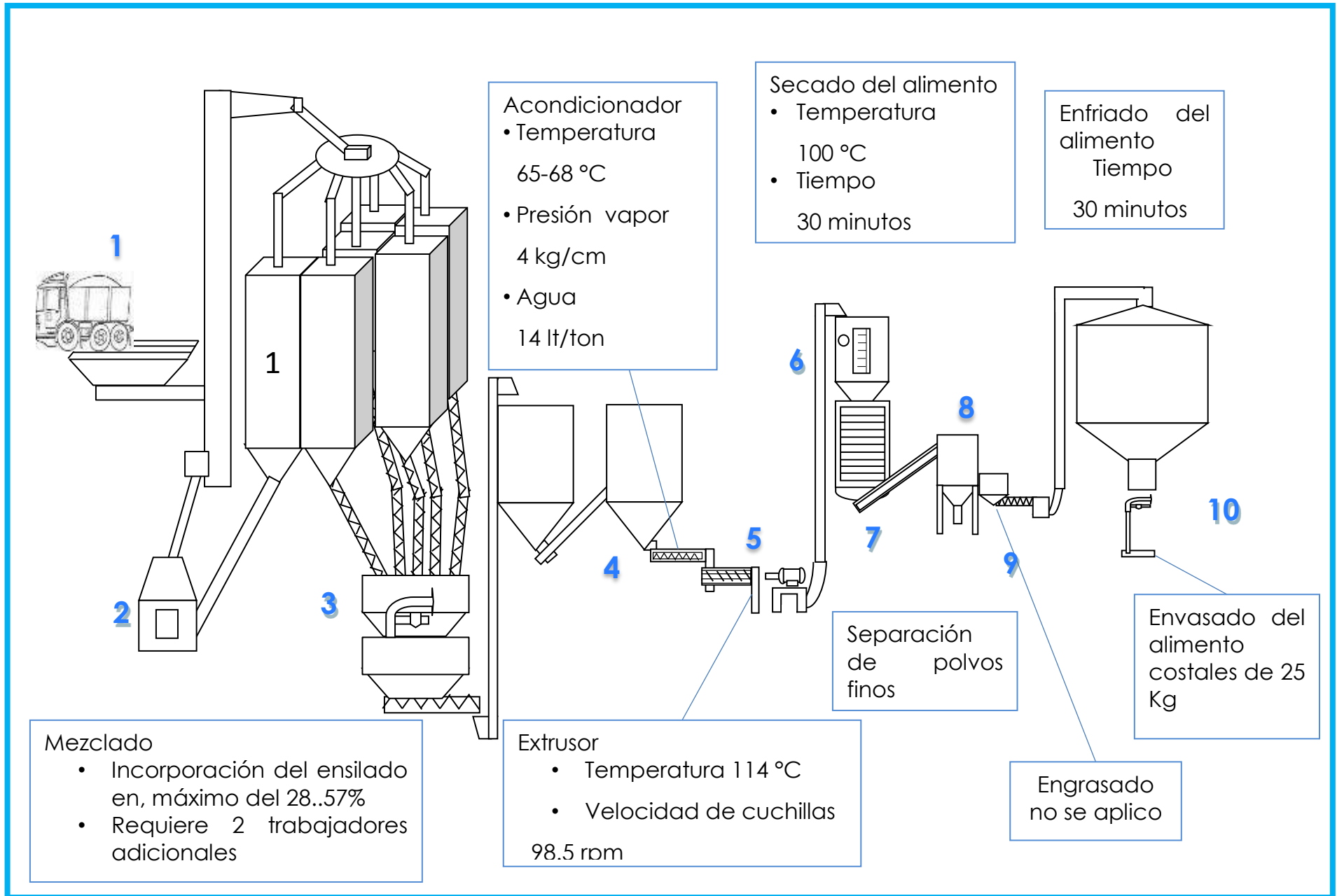
- ✓ En la figura 39, se muestra el alimento acuícola producido con ensilado ácido de pescado diablo para tilapia en etapa de engorda, con características competitivas por su valor nutricional y su precio. El cual cubre las necesidades del Sistema Producto Tilapia de Michoacán.



Figura 39. Alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo

En la figura 33, se presentan en el diagrama de la planta de alimentos las condiciones de operación para obtener el alimento extruido con ensilado ácido de pescado diablo.

Figura 40. Condiciones de operación en la planta de alimentos para la elaboración de alimento extruido con ensilado ácido de pecado diablo



- ✓ Las características químicas (tabla 24 y 25) del alimento producido son apropiadas para alimentar a la tilapia en etapa de engorda.

Tabla 21. Características químicas del alimento producido: Composición proximal

Composición Proximal	% Materia seca
Humedad	7.8
Materia Seca	94.34
Proteína	31.44
Lípidos	6.42
Fibra Cruda	2.84
Cenizas	11.23
Extracto Libre de Nitrógeno (Bromatológico realizado en Laboratorio FOGASA)	48.07

Tabla 22. Otras características químicas del Alimento producido con ensilado Ácido de pescado diablo

Almidones modificados	95 % amorfos y 5% gelatinizados
Energía Bruta	4,574.36 ±292.07 calorías/gramo

- ✓ Las características físicas (tabla 26) del alimento producido son apropiadas para alimentar a la tilapia en etapa de engorda.

Tabla 23. Características físicas del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo

Apariencia	No hay aglomeraciones Color café oscuro, uniforme 10 % de fracturas No hay presencia de material extraño
<b>Numero de pelotitas</b>	<b>11-12 pellets /1 gramo de alimento</b>
Tamaño	Longitud promedio 5.07 mm Diámetro promedio 5.78
Polvos finos	6.9% menor de 3.35 mm
Densidad	0.765 gr/ml
Flotabilidad	95 % por 24 horas
Hidroestabilidad	Retención de materia seca de 93.33 %

- ✓ Las pruebas de validación del alimento fueron satisfactorias, señalando lo siguiente:

La tilapia en etapa de engorda consume satisfactoriamente el alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo, con una tasa conversión alimenticia del 1.2.

Las tilapias respondieron en a un crecimiento en peso y talla adecuada en tiempo esperado por los productores, esto se da siempre y cuando la tilapia reúna los requerimientos nutricionales necesarios, dentro de las condiciones ambientales óptimas para su crecimiento, esto hace referencia a la calidad del alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo, teniendo la característica de ser un alimento competitivo en calidad nutricional.

- ✓ El precio del alimento elaborado con ensilado ácido de pescado diablo es de \$8.86, competitivo con los alimentos balanceados comerciales comúnmente utilizado por los productores. El precio del alimento producido es \$1.74 a \$2.34 menor al comercial.

## 7. CONCLUSIONES GENERALES

---

1. El alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo cumple con el objetivo inicial de obtener un alimento con características competitivas en calidad nutricional y precio para la alimentación de tilapias en etapa de engorda, mediante un proceso industrial.
2. El ensilado ácido de pescado diablo puede ser aprovechado por la industria de alimentos balanceados porque la maquinaria y equipo de las plantas de alimentos extruidos tiene la capacidad de trabajar con este insumo, a pesar de sus características físicas diferentes.
3. El alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo es una alternativa apropiada para alimentar tilapias en etapa de engorda respondiendo al crecimiento, en aumento de peso y talla, en el tiempo esperado.
4. El alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo es una alternativa de solución satisfactoria a la demanda de alimento de los productores del Sistema Producto Tilapia de Michoacán (anexo 3).

Lo anterior con base en la obtención de resultados y sus implicaciones, representa una herramienta útil para abrir las puertas a la investigación científica.

## 8. SUGERENCIAS

---

1. Es necesario crear una industria para producir el ensilado ácido de pescado diablo, se sugiere que los mismos acuicultores sean proveedores de este insumo en la industria de alimentos balanceados, además, de poder elaborar ensilados con otros subproductos de la acuicultura, el ensilado puede ser trasladado en pipas de agua.
2. Se sugiere realizar otra prueba en la industria de alimentos con mayor porcentaje de inclusión del ensilado, contemplando las implicaciones que hubo durante el desarrollo del trabajo, además realizar una incorporación en el sistema de producción cerrado completa, es decir, que el ensilado se incorpore durante el proceso de mezclado y de ahí continúe su proceso como los demás ingredientes, esto puede ser anexando vibradores en los transportadores donde se reduce su paso.
3. Es importante evaluar el comportamiento de la tilapia al ofrecer alimento producido con ensilado ácido de pescado diablo en condiciones completamente controladas durante la etapa de crecimiento y engorda, como también es necesario evaluar la calidad de carne que se obtiene de estas tilapias alimentadas.
4. Se sugiere incorporar el ensilado ácido de pescado diablo en la elaboración de otros alimentos balanceados en la industria, como sustituto de la harina de pescado para diferentes etapas u otras especies.

## 9. LITERATURA CONSULTADA

---

Achupallas J. J. 1994. Nutrición Acuícola y Control de Calidad- Un enfoque Integral. Control de Calidad de Insumos y Dietas Acuícolas. FAO. Ecuador. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S16.htm> [Ultimo acceso: 18 de julio del 2012]

Alfaro E., Velilla J., Brunetta H., Navarro B., Molina C., Martinez-Ribes L., Ruiz J., Burgos E., Rivero F., Solanas S., Castello J., Valverde J., Muñoz B.. 2012 *Customer Experience. Una visión multidimensional del marketing de experiencias.* [En línea] Available at: [http://www.thecustomerexperience.es/download/es/eBook\\_CustomerExperience.pdf](http://www.thecustomerexperience.es/download/es/eBook_CustomerExperience.pdf). [Ultimo acceso: 20 de julio de 2013]

Aguilar F.; Afanador-Téllez G., Muñoz-Ramírez A. 2010. Efecto del Procesamiento de la Dieta Sobre el Desempeño Productivo de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. Chitralada) en un Ciclo Comercial de Producción. Grupo de investigación UN-Acuictio Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. [En línea] Available at: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remavez/article/view/17350/20013> [Ultimo acceso: 29 de agosto del 2013]

Arredondo F. y Lozano G. 2003. *La acuicultura en México. División de ciencias Biológicas y de la Salud.* México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.

- Arroyo, D. 2008. *Aprovechamiento de la harina de Plecostomus spp. como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (Oreochromis niloticus)*. Michoacán: Instituto Politécnico Nacional.
- Auro de Ocampo A. y Ocampo C. 2003. Diagnóstico del Estrés en Peces. [En línea] Available at: <http://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-1999/vm994k.pdf> [Último acceso: 23 de agosto del 2013]
- Balfour H. 1993. *Nutrición de Peces. Comerciales en Estanques*. México. LIMUSA.
- Basilde R., Fraga C., Galindo L. 2003. *Inclusión de ensilado de pescado como alternativa en la elaboración de alimento extruido para el camarón de cultivo (Litopenaeus schmitti)*. México: II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura.
- Bello R., Gutiérrez M., Ottati Y., Martínez A. 1992. *Estudio sobre la elaboración de ensilado de pescado por vía microbiana en Venezuela*. FAO. Informe de pesca; 441:368
- Berenz Z. 1998. *Ensilado de residuos de pescado*. En: *Procesamiento de ensilado de pescado*. XIV Curso internacional de Procesamiento de Productos Pesqueros. 7 de enero al 27 de febrero.
- Bortone D. E. 2002. *Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones*. [En línea] Available at: <http://www.nutricionacuicola.uanl.mx/numeros/6/A25.pdf> [Último acceso 20 de septiembre del 2012]
- Bortone D. E; PH. D.; P. A. S. 2001. *Diseño de Plantas de Alimentos Balanceados Especializados para Peces Crustáceos*. Curso Lance en Acuicultura. México. [En línea] Available at: <http://www.los-seibos.com/teoria/peces.pdf> [Último acceso 2 de noviembre del 2012]

- Botero A, M. 2004. *Comportamiento de los peces en la búsqueda y la captura del alimento* *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* [en línea] Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295025896009> ISSN 0120-0690 [Fecha de consulta: 26 de agosto de 2013]
- Castro, C. E. y Avila, M. L. 1994. Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. Aminoácidos esenciales. Depósito de documentos de la FAO. Chile. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S06.htm#ch6>. [Ultimo acceso 19 de junio del 2013]
- Cruz S., Tapia S. M., Villareal C. D., y Ricque M. D. 2006. *Revisión sobre algunas características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. Programa de Marino cultura, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.*
- COFUPRO. 2011. *Agenda de Innovación Estatal 2011. Programa de desarrollo de capacidades, innovación 2011 y extensionismo rural. Componente: innovación y transferencia de tecnología.* Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C. Unidad Operativa Michoacán. México.
- e-local. 2009. *Enciclopedia de los Municipios de México Michoacán* Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Michoacán. [En línea] <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/michoacan/econ.htm> [Último acceso: 24 de julio del 2011].
- El-Sayed, A-F. M. 2006. *Tilapia Culture*, CABI Publishing, Oxfordshire, 277 pp.

- Ensminger M.E. and Ollentine C.G. 1978. *Feeds and nutrition*. The Ensminger Publishing Company. California.
- FAO. 2003. *Desarrollo de la Acuicultura. Procedimientos Idóneos en la Fabricación de Alimentos para la Acuicultura*. Roma. [En línea] <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y1453S/y1453s00.htm#Contents> [Último acceso: 13 de noviembre del 2012].
- Flint, O. 1994. *Microscopia de los Alimentos. Manual de métodos prácticos utilizando la microscopia óptica*. ACRIBA. Zaragoza
- Gomez, E. F.; Rema P.; Kaushik S. J. 1995. *Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: digestibility and growth performance*. *Aquaculture*, 130: 77-186.
- González, V. 2004. *Alimentos para acuicultura: producción y calidad* CONUPRA S.A. [En línea] Available at: [http://www.ciabcr.com/charlas/jornadaacuicola/6 Alimentos para Acuicultura.pdf](http://www.ciabcr.com/charlas/jornadaacuicola/6_Alimentos_para_Acuicultura.pdf) [Último acceso: 10 de enero del 2012]
- Guillaume, J.; Kaushik, S.; Bergot P.; Métailler, R. 2004. *Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos*. España: Mundi-Prensa.
- INAFED. 2009. *Enciclopedia de los Municipios de México MICHOACÁN. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal Gobierno del Estado de Michoacán*. [En línea] Available at: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/michoacan/mpios/16053a.html> [Último acceso: 22 de noviembre del 2011].
- ISA, 2005. *Protocolo de Producción de Juveniles y Diferentes Sistemas de Engorda*. México: Instituto Sinaloense de Acuicultura
- Jauncey, K. 1998. *Tilapia Feeds and Feeding*. Pisces Press. Stirling. Scotland.

Martínez-Palacios, C. A.; A. Campos, M. A.; Díaz-Pardo, E.; Arreguin, S. F.; Rueda, J. R.; Fonseca, M. J.; Gutiérrez, H. A.; Pacheco, A. R.; Ramírez-Suarez, J.C.; Ríos, D. M. G.; Toledo, C. E. M.; Salas R. G.; Ross, L.G.; Shimada M. A.; Viana, C. M. T.; Sánchez, C. A.; Ávila G E. y Gasca L. E. 2010. *Bagre armado: ¿erradicación o utilización?* Ciencia y desarrollo. México: Conacyt.

Mattos, C.; Chauca, F.; San Martín, H.; Carcelén, C.; Arbaiza, F. 2003. *Uso del ensilado biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. Revista de Investigación Veterinaria del Perú. Volumen 14(2). pp. 89-96.*

Mayorga C. F.J. 2010. *México es Cuarto Lugar en Alimentos Balanceados. El Siglo de Torreón. [En línea] Available at: <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/496375.mexico-es-cuarto-lugar-en-alimentos-balanceados.html> [Último acceso 20 de agosto 2012]*

Moncada, P., 2000. *Puntos de Control en la Fabricación de Alimentos Balanceados para la Acuicultura. Guayaquil, Ecuador. [En línea] Available at: [http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/III/archivos//8.pdf](http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/III/archivos//8.pdf) [Último acceso: 12 de enero del 2013]*

Muñoz, L. O. 2004. *Comparación entre Extruido y Peletizado en Alimentos de Camarones. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola 16-19 noviembre del 2004. Sonora, México.*

NRC. 2011. *Nutrient Requirements of Fish. Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture National Research Council. Washington, D.C.: National Academy Press.*

- Ng, W.K. and Chong C.Y. 2004. *An overview of lipid nutrition with emphasis on alternative lipid sources in tilapia feeds*. In R.G. Bolivar, G.C. Mair & K. Fitzsimmons (eds.) *Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Bureau of Fisheries & Aquatic Resources, Manila, Philippines. pp. 241-248
- Obaldo, L. 2002. *Feed texture potencial Quality Control Method*. *Global Aquacultura Advocate*. Volumen 5. pp. 58-59
- Parín, M. A. y Zugarramurdi A. 1993. *Aspectos Económicos del Procesamiento y Uso de Ensilados de Pescado*. Centro de Investigaciones de Tecnología Pesquera y Alimentos Regionales (CITEP). Instituto Nacional de Tecnología Industrial Mar del Plata, Argentina [En línea] Available at: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/APH134/cap4.htm> [Último acceso: 10 de junio del 2013]
- Pimentel, A, 2012. *Uso del Bagre Armado (Pterigoplichthys disjunctivus) en ensilado ácido como fuente de proteína alterna en dietas para el cultivo de pez banco de Pátzcuaro (Menidia estor)*. México.
- Reyes, R. N. P. 2010. *Manual para la Elaboración de Ensilado Ácido de Pez Diablo (Hypostomus plecostomus)*. Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. Fundación Produce Tabasco A.C.
- Reyes, G. 1997. *Evaluación de algunos parámetros que afectan la obtención del ensilado microbiano de pescado*. En: *Trabajos técnicos. Resumen..* Lima: ITP .
- Rust, B. M.; Barrows, T. F.; Ronald W. H.; Lazur, A.; Naughten, K. y Silverstein J. 2012. *Situación Actual y Perspectivas a Futuro en la Producción de Alimentos Acuícolas*. *Panorama Acuícola*. [En línea] Available: [http://www.panoramaacuicola.com/articulos\\_y\\_entrevistas/2012/05/0](http://www.panoramaacuicola.com/articulos_y_entrevistas/2012/05/0)

2/situacion actual y perspectivas a futuro en la produccion de alimentos acuicolas.html, [Último acceso 20 de marzo del 2013].

Salazar, C. 2008. *Tesis: Montaje Y Puesta En Marcha De Una Planta De Alimento Balanceado Con Capacidad De 3 Ton. / H.Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica Del Perú. Facultad De Ciencias E Ingeniería*

Soler J. M. P.; Rodríguez G. H.; Victoria D. P. 1996. *Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Colombia.*

Siprotmich. 2012. *Plan Rector del Sistema Producto Tilapia de Michoacán. México. [En línea] Available: [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus\\_mic/docs/Plan\\_Rector\\_Tilapia\\_2012.pdf](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_mic/docs/Plan_Rector_Tilapia_2012.pdf) [Último acceso: 5 de junio del 2013].*

Stickney, R.R. 1997. *Tilapia update 1996. World Aquaculture, 28: 20-25.*

Tacon, G. J. 1995. *Transtornos nutricionales relacionados con proteínas Ictiopatología nutricional. Signos morfológicos de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados. FAO. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/docrep/003/t0700s/T0700S02.htm> [Último acceso: 26 de febrero del 2013]*

Toledo, D. 2012. *Calidad física y química de los alimentos para peces y su importancia en el cultivo de peces. Control de Calidad de Insumos y Dietas Acuícolas. FAO. [En línea] Available: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S17.htm> [Último acceso: 26 de enero del 2013]*

Villarreal C., Molina P. C. 2008. *Optimización de alimentos y estrategias de alimentación para una Camaronicultura Sustentable. Estrategias de*

*Alimentación en la etapa de engorda del Camarón.* La Paz, B.C.S, México.

Watanabe, W. O.; Losordo, M. T.; Fitzsimmons, K.; Hanley, F. 2002. *Tilapia Production Systems in the Americas: Technological Advances, Trends and Challenges.* *Fisheries Science*, Volumen 10. pp. 465-498.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Árbol de Problemas del Sistema Producto Tilapia de Michoacán.

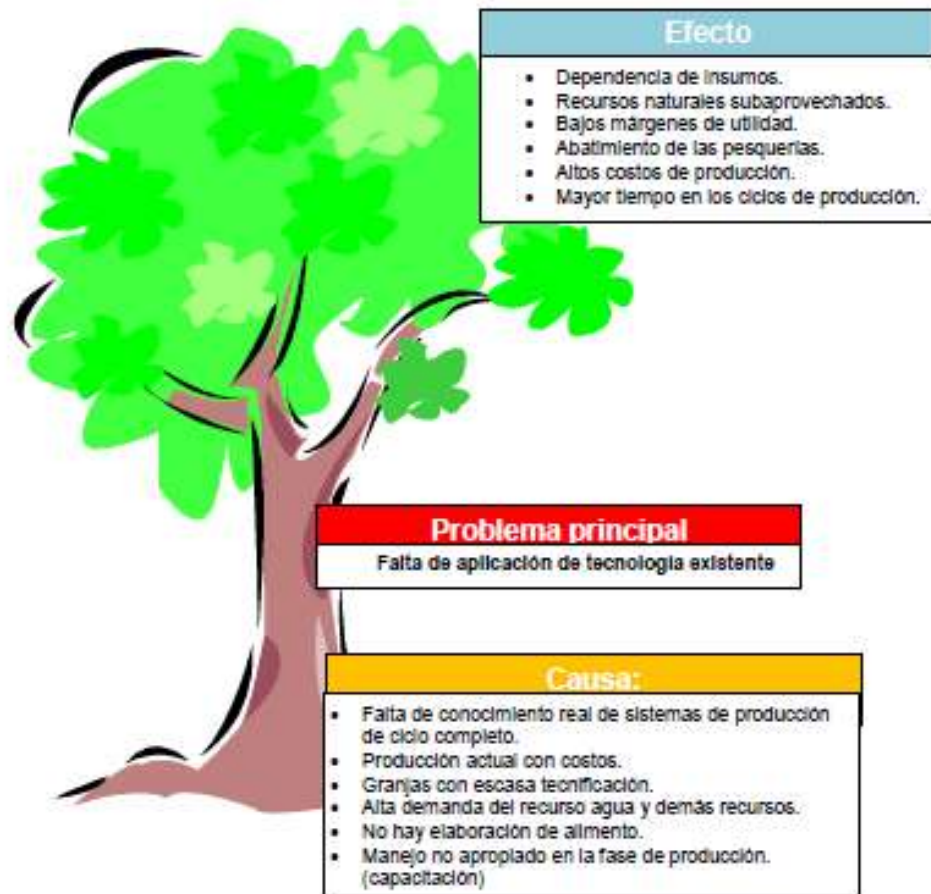
COFUPRO Unidad Operativa Michoacán

Taller de Planeación Participativa 2011.

#### Árbol de Problemas

Sistema Producto

Tilapia



Agenda de Innovación Estatal 2011

(COFUPRO; 2011)

Anexo 2. Matriz de Proyectos y productos esperados para el Sistema Producto Tilapia de Michoacán

Taller de Planeación Participativa 2011.

Matriz de proyectos y productos esperados

Sistema Producto	Título del proyecto	Productos esperados	Período de ejecución (meses)	Instituciones con intereses	Tipo	Escala	Demanda que atiende	Finanzas	Propósito	Grupo de interés	Evaluación ex-ante	Comentarios/observaciones
Pocinas	Transferencia de tecnología para el manejo de residuos orgánicos en las unidades de producción	1.- Personas capacitadas en el uso y manejo de residuos Orgánicos.	continua	INIFAP	Transferencia de Tecnología	Producción	Tecnologías para el mejoramiento de las condiciones de vida de las granjas porcinas y del medio ambiente.	Contribuir al desarrollo competitivo y sustentable del sector agropecuario de Michoacán	Manejo de residuos orgánicos a través de tecnologías al alcance de los productores del sector.	Sistema Producto Pocinas	El alto costo de los insumos es uno de los problemas de producción a los que se enfrentan los productores de Michoacán, proporcionar alternativas de manejo de producto y subproductos, permitir dominar los costos de producción y mitigar los efectos de contaminación ambiental, mediante el manejo de los desechos de la granja.	
Pocinas	Diseño técnico-económico	1.- Tecnología eficiente técnica y económica.	24	INIFAP, UNIDEP, COFUPRO	Investigación	Producción	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Por las características de la granja, corresponde a un estudio de mercado.

(COFUPRO, 2011)

### Anexo 3. Acta de Finiquito que hace constar que las acciones y metas alcanzadas en el desarrollo y ejecución del proyecto se cumplieron.



Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensibilismo Rural  
Componente de Innovación y Transferencia de Tecnología  
Proyectos Agropecuarios de Impacto Regional o Nacional 2011



## ACTA FINIQUITO

ACTA FINIQUITO DERIVADA DEL CONVENIO SUSCRITO CON FECHA 28 DE NOVIEMBRE 2011, ENTRE LA COORDINADORA NACIONAL DE LAS FUNDACIONES PRODUCE, A.C. (COFUPRO) A QUIEN EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARÁ "LA COFUPRO" REPRESENTADA EN ESTE ACTO POR EL ING. FRANCISCO JAVIER MALDONADO ARCEO COMO SU SECRETARIO EJECUTIVO Y POR LA OTRA PARTE "LA UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO", REPRESENTADA POR EL DR. SALVADOR JARA GUERRERO, EN SU CARÁCTER DE RECTOR, A QUIEN EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARÁ "EL BENEFICIARIO" Y QUE DE FORMA CONJUNTA SERÁN REFERIDOS COMO "LAS PARTES", PARA LA REALIZACIÓN, DESARROLLO Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO DENOMINADO "DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS LOCALES EN LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA TILAPIA Y BAGRE", EN LO SUCESIVO "EL PROYECTO", CON NÚMERO DE FOLIO 16-2011-0025 COMO PARTE DE LOS PROYECTOS DEL PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES, INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y EXTENSIONISMO RURAL DEL COMPONENTE DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROYECTOS AGROPECUARIOS DE IMPACTO NACIONAL O REGIONAL 2011.

En la Ciudad de México, Distrito Federal, siendo las 13:00 horas del día 07 de mayo del 2013, se reunieron en las oficinas de "LA COFUPRO" con domicilio Calle Tehuantepec No. 155 Col. Roma Sur, Del. Cuauhtémoc, México, D.F. C.P. 06760, el representante de "LA COFUPRO", el Ing. Francisco Javier Maldonado Arceo, Secretario Ejecutivo de COFUPRO, A.C., el rector de "EL BENEFICIARIO" el Dr. Salvador Jara Guerrero, a fin de dejar constancia de las acciones y metas alcanzadas en el desarrollo y ejecución de "EL PROYECTO", apoyado durante la convocatoria 2011 del Componente de Innovación y Transferencia de Tecnología, Proyectos pecuarios.

### ANTECEDENTES

**PRIMERA.** Con fecha 08 de Julio del 2011, la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C. (COFUPRO), celebraron un Convenio de Concertación, con el objeto de fijar las bases sobre las cuales "LA COFUPRO" apoyará a la SAGARPA, como instancia ejecutora para la operación del Componente de Innovación y Transferencia de Tecnología a fin de Fortalecer la Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector agropecuario en México.

**SEGUNDA.-** Con fecha 28 de Noviembre del 2011, "LA COFUPRO", suscribió un Convenio con "EL BENEFICIARIO" en adelante "EL CONVENIO", para formalizar las acciones y la forma en que se canalizarían los recursos federales del Componente Innovación y transferencia de tecnología, para la ejecución de "EL PROYECTO".

**TERCERA.-** Con fecha 20 de agosto de 2012, "LA COFUPRO", suscribió un Convenio Modificatorio con "EL BENEFICIARIO", con el objeto de modificar la Cláusula "DECIMA QUINTA" del Convenio para la ejecución de "EL PROYECTO", relativa a la vigencia de "EL CONVENIO".

Acta de Finiquito

  
COFUPRO  
Enlace - Innovación - Progreso  
JURIDICO

1



### HECHOS

**PRIMERA.-** Los recursos económicos otorgados a "EL BENEFICIARIO", por parte de "LA COFUPRO" fueron sometidos a concurso de conformidad a la apertura de ventanilla y convocatoria de fecha 25 de Julio al 26 de Agosto del 2011.

**SEGUNDO.-** En este contexto, el Comité Técnico Evaluador del Componente de innovación y Transferencia de tecnología- Proyectos agropecuarios de Impacto Regional o Nacional, en su sesión de fecha 04 de octubre del 2011, autorizó recursos a favor de "EL BENEFICIARIO" para la realización de "EL PROYECTO", bajo número de folio 16-2011-0025.

**TERCERO.-** La aportación por "LA COFUPRO" hacia "EL BENEFICIARIO" para la realización de "EL PROYECTO" fue por la cantidad total de \$ 560,000.00 (Quinientos sesenta mil pesos 00/100 M.N.) de los cuales \$420,000.00 (Cuatrocientos veinte mil pesos 00/100M. N.) corresponden a la aportación de recursos federales, la cual fue efectuada mediante ministraciones transferidas a "EL BENEFICIARIO", a la cuenta bancaria proporcionada por este mismo, para la administración de "EL PROYECTO", como sigue:

Datos de facturación		Ministraciones		
No. Factura	Monto (M.N)	No. ministración	Fecha de transferencia bancaria	Monto (M.N.)
B15575	\$ 126,000.00	1	05/01/ 2012	\$ 126,000.00
C115	\$ 126,000.00	2	04 /06/ 2012	\$ 126,000.00
C168	\$ 84,000.00	3	26 /10/ 2012	\$ 84,000.00
C331	\$ 84,000.00	4	22 /03/ 2013	\$ 84,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 420,000.00</b>		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 420,000.00</b>

**CUARTO.-** "EL BENEFICIARIO", de conformidad con el Informe Final de "EL PROYECTO", ejerció los recursos federales asignados para la realización del proyecto por un monto de \$ 420,000.00 (Cuatrocientos veinte mil pesos 00/100 M.N.), provenientes del Componente de Innovación y Transferencia de Tecnología.

"EL BENEFICIARIO" de conformidad con el informe final, avala que los montos reportados fueron ejercidos correcta y exclusivamente en el desarrollo y ejecución de "EL PROYECTO", en relación a los conceptos autorizados, comprometiéndose a custodiar la documentación original comprobatoria del ejercicio de los recursos financieros, durante un período mínimo de 5 años, de acuerdo con la normatividad vigente, otorgando todas y cada una de las facilidades que sean necesarias cuando sea solicitada su intervención en procesos de auditorías y revisiones técnicas, tanto las solicitadas por "LA COFUPRO", la SAGARPA, o cualquier otro Órgano facultado, que en el futuro lo amerite.

**QUINTO.-** De conformidad con el Convenio, "EL BENEFICIARIO", entregó el Informe Final, el cual fue analizado por la Comisión de Seguimiento, verificando el producto final prometido y la aplicación de los recursos en el desarrollo y ejecución de "EL PROYECTO" (Anexo 1, Informe Final).

Acta de Finiquito

2

COFUPRO  
Enlace - Innovación y Desarrollo  
JURIDICO



Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural  
Componente de Innovación y Transferencia de Tecnología  
Proyectos Agropecuarios de Impacto Regional o Nacional 2011



*[Handwritten signature]*  
Por lo anterior, se procedió a la elaboración y posterior formalización en este acto de la presente Acta de Finiquito del Proyecto, misma que sirve de Finiquito en las obligaciones establecidas en el instrumento de referencia.  
Leída que fue en todos y cada uno de sus alcances y contenido, se firma la presente Acta de Finiquito, en cuatro ejemplares originales, siendo las 14:00 horas del día de su inicio.

**POR "LA COFUPRO"  
EL SECRETARIO EJECUTIVO**

Ing. Francisco Javier Maldonado Arceo

**POR "EL BENEFICIARIO"  
EL RECTOR**

Dr. Salvador Jara Guerrero

Acta de Finiquito



**COFUPRO**  
Educa - Innovación - Progreso  
**JURIDICO**

3