2004 A-2008 B 300389536

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Efecto del uso de ensilaje de pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*) en la alimentación de crías de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

ANDREA REYES LARA

Las Agujas, Zapopan, Jalisco., Enero del 2010

BIBLIOTECA CUCBA

Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de carrera de Licenciado en Biología

C. Andrea Reyes Lara.

PRESENTE.

Manifestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de: **TESIS E INFORMES** opción **TESIS** con el título **"Efecto del uso de ensilaje de pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*) en la alimentación de crías de tilapia (*Oreochromis niloticus*)."**

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicho trabajo a la **Dra. María Teresa Viana Castrillón** y como Asesor al **Dr. Gabriel Correa Reyes.**

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA",
"2009, Año del Bicentenario de Charles Darwin"
Las Agujas, Zapopan, Jal., 18 de diciembre de 2009.

DRA. GEORGINA ADRIANA QUIROZ ROCHA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

COORDINACION DE LA CARRERA DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

BIOL. MARGARITO MORA NÚÑEZ
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

FORMA F

Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha.
Presidente del Comité de Titulación.
Licenciatura en Biología.
CUCBA.
Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad tesis, con el título: ""Efecto del uso de ensilaje de pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus)* en la alimentación de crías de tilapia (*Oreochromis niloticus*.)" que realizó la pasante Andrea Reyes Lara con número de código 300389536 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha.
Guadalajara, Jalisco, México a 03 Diciembre 2009

Firma
Nombre Dra. María Teresa Viana
Directora del trabajo,

Firma
nombre Dr. Gabriel Correa Reyes
Asesor

Nombre completo de los Sinodales asignados por el comité de titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
MC. Agustín Camacho Rodríguez		15/Dic/09
MC. Gabriel Moreno Martínez		15/Dic/09
MC. Idelfonso Padilla Enciso		15/Dic/09
Supl. MC. Eduardo Juárez Carrillo		05/12/2009

Efecto del uso de ensilaje de pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*) en la alimentación de crías de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Directora de Tesis: Dra. María Teresa Viana Castrillón

Asesor de Tesis: Dr. Gabriel Correa Reyes

Asesor interno: M.C. Eduardo Juárez Carrillo

Sinodales de Tesis:

MC. Agustín Camacho Rodríguez

MC. Gabriel Moreno Martínez

MC. Idelfonso Padilla Enciso

El presente trabajo se realizó en el Instituto de Investigaciones Oceanologícas, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, (UABC) Ensenada B.C. México, en colaboración con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán y financiado a través del proyecto del FONDO MIXTO CONACYT-Gobierno del Estado de Michoacán (FOMIX 37147).

LO QUE NOS PARECE ETERNO

Lo que dibujamos en la arena
lo que dijimos bajo el mar
lo que no salió en escena
lo que fuimos, lo que serán

Cántaros de la tierra
bits de la humanidad
vísperas de la espera
sed de fecundar

Lo que se fue, lo que será

Un poeta maldito (2008)

A G R A D E C I M I E N T O S

Para la realización de este trabajo, como para los análisis estadísticos y revisión del documento, he seguido el consejo y apoyo de diferentes personas sin las que no habría podido conseguir un buen resultado. Doy las gracias a mi directora de tesis la Dra. María Teresa Viana Castrillón y al Dr. Gabriel Correa Reyes por su dirección, apoyo, paciencia y comentarios en la revisión del mismo; al M.C. Eduardo Juárez Carrillo por brindarme en todo momento su apoyo ante cualquier problemática, su confianza y sobre todo la mejor de las amistades.

Gracias a mis padres, María de los Ángeles Lara Rendón y Dr. José Felipe Reyes Villalvazo, a quienes jamás encontraré la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindado en los momentos buenos y malos de mi vida, hago este triunfo compartido, sólo esperando que comprendan que mis ideales y esfuerzos son inspirados en ustedes.

A mis hermanos Felipe, Eduardo y Daniel gracias por hacer más perfecto aquello en lo que creo, y apoyarme en ustedes siempre que lo necesité.

A Guillermo More gracias por todas la horas de empeño, dedicación y estimulo para la corrección de este trabajo. Gracias por haber aparecido y cambiado mi vida.

Gracias a todo el personal del laboratorio que me brindo su ayuda, comprensión y la mejor de las amistades: Emyr, Emmanuel, Griselda, Servando, Erendira, Jorge y Geraldo.

Gracias a mis amigos, Jesús, Cynthia, y Eduardo, por todas las palabras de ánimo que me ayudaron a seguir adelante y por formar parte de mi vida.

A todos aquellos que hicieron posible la confección y elaboración de este trabajo.

D E D I C A T O R I A

A mis padres Dr. José Felipe Reyes Villalvazo y María de los Ángeles Lara Rendón

A mis sobrinos:

José Eduardo Reyes Santillán

Mariana Reyes Ureña

Sofía Reyes Ramos

María Emilia Reyes Santillán

Andrés Reyes Ureña

Julieta Reyes Ramos

Felipe Reyes Barbero

Por el esfuerzo de las futuras generaciones.

RESUMEN

Los llamados peces armado o diablo, nativos de la cuenca del Amazonas en Sudamérica, pertenecen a la familia Loricariidae de la cual se conocen hasta el momento más de 680 especies en el mundo. Durante los últimos tres años los peces armados se han expandido rápidamente en la presa Infiernillo en Michoacán, causando así la invasión de estos ecosistemas y provocando la sustitución de especies nativas. Esto, debido a que presenta una alta tasa de dispersión y poca depredación. Después de un minucioso estudio a través del proyecto que financió este trabajo de tesis se llegó a la conclusión que la especie dominante en la zona es *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber, 1991).

En éste proyecto se pretendió dar una alternativa sustentable a la utilización de la especie *Pterygoplichthys disjunctivus*, de la cual, se utilizaron desechos hidrolizados (ensilaje) para la formulación de dietas balanceadas, en donde se sustituyó la harina de pescado tradicional, por dicho producto en tres diferentes porcentajes. Se utilizaron cuatro dietas: una dieta control (100% harina de pescado) y tres con diferente porcentaje de ensilaje al 30%, 60%, 100% ensilaje. La formulación del alimento se aplicó en crías de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) con un peso inicial de 0.17 ± 0.02 y una longitud promedio inicial de 19.11 ± 2.70. Todos los tratamientos se realizaron por triplicado y los animales fueron mantenidos dentro de un sistema de recirculación, bajo condiciones constantes de temperatura, salinidad, oxigeno y pH. Los tratamientos fueron contrastados utilizando una prueba de bondad de ajuste $\alpha = 0.05$. Los peces fueron medidos (longitud total) y pesados (peso total) cada 15 días para observar los efectos de las dietas por un periodo de 90 días. Comparando entre longitudes totales y pesos totales, para cada una de las dietas no se observaron diferencias estadísticas significativas (α=0.05).

Con esto concluimos que los diferentes porcentajes de ensilaje utilizados pueden ser un substituto de la harina de pescado en dietas para tilapia *Oreochromis niloticus*.

CONTENIDO

Agradecimientos iv

Dedicatoria v

Resumen vi

1. Introducción 1

2. Antecedentes 3

2.1 Descripción de especies 5

2.1.2 Pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus)* 5

2.1.2 Tilapia (Oreochromis niloticus) 7

3. Planteamiento del problema 8

4. Justificación 9

5. Hipótesis 10

6. Objetivos 11

7. Diseño experimental 12

8. Materiales y métodos 13

9. Resultados 24

9.1 Dieta 24

9.1.1 Análisis químico proximal (AQP) ensilaje 25

9.2 parámetros físico químicos 26

9.2.1 Temperatura 27

9.3 Crecimiento 28

9.4 Supervivencia 43

9.5 Consumo 44

10. Discusión 45

11. Conclusiones 51

12. Recomendaciones 53

13. Literatura consultada 54

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 2.1.1 Pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus)* 6

Figura 2.1.2 Tilapia (*Oreochromis niloticus*) 7

Figura 7.1 Diseño experimental del trabajo de tesis 12

Figura 8.1 Sistema de recirculación 13

Figura 8.2 Detalle de camisa 14

Figura 8.3 Distribución de los tratamientos por unidad experimental 21

Figura 8.4 Organismos de los cuatro tratamientos 22

Figura 9.1 Fluctuación de temperatura 27

Figura 9.2 Crecimiento en peso promedio de las tilapias (*Oreochromis niloticus)* 28

Figura 9.3 Crecimiento en talla promedio de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) 29

Figura 9.4 Tasa diaria de crecimiento en peso por tratamiento. 32

Figura 9.5 Tasa diaria de crecimiento en talla por tratamiento. 33

Figura 9.6 Diagrama de dispersión entre talla y peso 34

Figura 9.7 Residuales 36

Figura 9.8 Gráfico descriptivo de talla por color 37

Figura 9.9 Gráfico descriptivo de peso por color 38

Figura 9.10 Supervivencia final de los organismos por tratamiento 43

Figura 9.11 Consumo diario en porcentaje de su peso 44

Cuadro 8.1 Composición química de las dietas balanceadas hechas a base de ensilaje de pescado pez diablo *Pterygoplichthys disjunctivus.* 20

Cuadro 8.2 Composición proximal de la harina de pescado utilizada para la dieta control (100% Harina de pescado T1) 21

Cuadro 9.1 Composición proximal de las dietas experimentales a base de ensilado de pez armado. 24

Cuadro 9.2 Composición química proximal del ensilaje de pez armado 25

Cuadro 9.3 Parámetros fisicoquímicos 26

Cuadro 9.4 Peso promedio 30

Cuadro 9.5 Talla promedio 31

Cuadro 9.6 Crecimiento promedio de los tratamientos por día. 32

Cuadro 9.7 Crecimiento promedio de los tratamientos por día. 33

Cuadro 9.8 Análisis de regresión de los logaritmos de talla contra logaritmos de peso 35

Cuadro 9.9 Análisis de varianza. 36

Cuadro 9.10 Estadística descriptiva de talla por color. 37

Cuadro 9.11 Estadística descriptiva de peso por color. 38

Cuadro 9.12 Modelo lineal. 39

Cuadro 9 13 Medias cuadradas del logaritmo de peso. 40

Cuadro 9.14 (Tukey) Intervalos de confianza simultáneos. 0.0 41

Cuadro 9.15 Intervalos de confianza simultáneos 0.3 41

Cuadro 9.16 Intervalos de confianza simultáneos.0.6 41

Cuadro 9.17 Test simultaneo. (Tukey). 42

Cuadro 9.18 Test simultaneo % ensilaje 0.3 42

Cuadro 9.19 Test simultaneo % ensilaje 0.6 42

Cuadro 9.20 Supervivencia final. 43

1. INTRODUCCIÓN

En la acuicultura se han desarrollado tecnologías que impulsan hacia un rápido y mayor rendimiento mejorando y sustituyendo los alimentos formulados. Hoy en día, la alimentación representa más de la mitad de la variable de costos, por lo tanto, los conocimientos prácticos sobre nutrición y alimentación de peces son esenciales para el éxito. (Cho, 1993).

La producción de peces por área de estanque o por unidad de cultivo, y la rentabilidad de la cría de peces, depende en gran medida de la cantidad de alimento complementario proporcionado. Mientras más intensivo sea el sistema, mayor será la importancia de la alimentación complementaria y la proporción de costos de alimento con respecto a los costos totales de producción. (Hepher, 1993)

Uno de los objetivos primordiales para la formulación de dietas para peces, es proporcionar una alimentación equilibrada que apoye al mantenimiento, crecimiento, reproducción y la salud de los animales a un costo aceptable. La mezcla debe también facilitar el proceso de fabricación, para producir una dieta con las propiedades físicas deseadas (Cho, 1993).

Los alimentos acuícolas deben fabricarse de acuerdo con una fórmula recomendada por un nutricionista competente y ser específicos tanto para las especies acuáticas a las que se destinen como para el sistema de producción previsto en una granja acuícola determinada (Hassard y Tacon, 2003).

La harina de pescado es un producto que se obtiene eliminando la mayor parte del agua y aceite de peces frescos. El producto final es rico en proteínas, con una concentración que va del 40 % (del desecho de pescado) al 72 % (del pescado entero). En comparación, la harina de soya que suele comercializarse tiene un 45 % de proteínas, además, las proteínas de la harina de pescado contienen todos los aminoácidos esenciales en concentraciones considerables (FAO, 2002).

Uno de los factores más importantes para la producción animal es la alimentación, pues representa entre el 50 y 80% de los costos de producción. Un problema particular es la provisión de proteínas, debido a la limitada disponibilidad de insumos proteicos y su relativo alto costo. En el caso de la harina de pescado, a pesar de ser una fuente proteica muy completa, su fabricación es un proceso sumamente costoso. En tal sentido se hace necesaria la búsqueda de fuentes alternas de proteínas de diferentes orígenes (Luchini, 2008). Otro factor importante es que la harina de pescado elaborada por especies pelágicas son de tan buena calidad que deberían ser dedicadas para el consumo directo para los humanos, en vez de quemarse para servir como materia prima para la elaboración de dietas formuladas para peces o cualquier tipo de organismo con explotación comercial.

Una de las alternativas viables, la constituye el ensilado biológico de pescado. Este es un producto de fácil elaboración y de bajo costo, que aprovecha los residuos de desechos de la industria pesquera, tales como: las cabezas, colas, huesos, piel, escamas, vísceras y pescado entero no apto para consumo humano (Bello, 1994; Berenz, 1994; Parin *et al* 1994). Mediante un proceso de fermentación controlada con bacterias lácticas y carbohidratos, se obtiene un producto acidificado, estable y con buenas cualidades nutritivas y antimicrobianas contra bacterias patógenas y de putrefacción, por lo que puede ser de gran utilidad en alimentación animal (Ziska, 1990).

En el presente estudio se pretende dar un uso sustentable a los desechos del pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus)*, ya que resulta importante el aprovechamiento de la especie para así poder mermar la problemática ambiental que se genera al no tener un control sobre esta especie. Se propone entonces la elaboración de ensilaje para utilizarlo como ingrediente en la elaboración de dietas para alimentar peces tilapia (*Oreochromis niloticus)* y así proponer una alternativa de bajo costo en la elaboración de alimento para la acuicultura.

Bajo ciertas condiciones el proceso del ensilaje de productos de desecho, puede ser un procedimiento simple y económico, para que los pequeños productores puedan procesar y conservar una amplia gama de productos adecuados para ser usados en la alimentación animal. Es preciso recordar que en muchas ocasiones, no estarán presentes todos los

elementos necesarios para asegurar un buen ensilaje y el uso del mismo. Por lo tanto se recomienda tener un equilibrio entre los componentes y el debido conocimiento para elaborar el ensilaje (Machin. 1986).

2. ANTECEDENTES

Una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales y para las pesquerías de agua dulce en México. es la introducción de especies exóticas y entre ellas destacan los llamados pez armado. también conocidos como plecos por su presencia de placas. dando una apariencia de estar armado. o también conocidos como "limpia peceras" "pez diablo" o "limpia-vidrios" (*Pterygoplichthys disjunctivus)*. Desde su introducción en los cuerpos de agua epicontinentales del país (ríos. lagos. lagunas y esteros) se han expandido alarmantemente en unos cuantos años. Los plecos son un grupo de especies nativas de la cuenca del Amazonas. pertenecen a la familia Loricariidae. Existen al menos una docena de especies establecidas en el medio silvestre. fuera de su área de distribución (exóticos). y se han convertido en especies invasoras en diversos países como. México y Estados Unidos. (Mendoza *et al.*, 2007). Recientemente y como parte de la información derivada del proyecto del Fondo Mixto. se llegó a la conclusión que la especie predominante en la presa de Infiernillo es *Pterygoplichthys disjunctivus*.

Actualmente el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO). en conjunto con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. desarrolló un proyecto para un mejor aprovechamiento de la especie ya que representa una problemática dentro de la presa de Infiernillo en Michoacán. cuyo informe generado como producto de esta investigación fue recientemente entregado al gobierno Michoacano.

Dentro de la acuicultura la harina de pescado es el principal insumo proteico usado en dietas. Debido a la gran demanda que la harina tiene. el precio de la misma se ha incrementado considerablemente. y por esto. los productores de la industria de alimentos

buscan un remplazo con alternativas menos costosas para la producción de alimentos balanceados (Spinelli, 1980).

La producción mundial de pescado y plantas acuáticas para la alimentación humana, ha crecido notablemente durante los últimos cincuenta años, pasando de menos de 1 millón de toneladas a comienzos del decenio de 1950, a 59.4 millones en 2004. Esto representa un incremento anual medio del 6.9 % en cantidad y del 7.7 % en valor con respecto a las cifras consignadas para 2002 (FAO, 2006).

Los precios de la harina de pescado en el mercado se encuentran por encima de los 700 dólares la tonelada. Según explica Toledo-Pérez *et al.* (2007), a partir de la tecnología del ensilado, los precios del alimento fluctúan entre 200 y 250 dólares, con lo cual se obtiene un ahorro por encima de 200 dólares la tonelada.

El ensilado ácido constituye un alimento proteico de humedad alta y de fácil preservación, de apariencia líquida pastosa, que se obtiene a partir de la acción de enzimas ácidas sobre el pescado entero al reducir el pH mediante la adición de una mezcla de ácidos orgánicos e inorgánicos. En éste tipo de ensilados, se utilizan partes o residuos del pez como componente de raciones alimenticias para animales (Lorenzo, 2003).

En un estudio realizado por Santana *et al.*, 2008 se propone la preparación de ensilaje como fuente proteica en alimento, ya que representa una buena alternativa no solo para aprovechar los desechos, sino también para aprovechar las especies no comerciales. Con el uso de los pescados enteros para la elaboración de ensilaje, se tiene como ventaja la reducción en la contaminación ambiental. Dentro de dicho estudio menciona que el proceso para la elaboración de ensilado es relativamente fácil y no requiere de equipo sofisticado. En éste estudio también se propone la sustitución de la harina de pescado por ensilaje para la alimentación de ganado. Si bien el ganado es herbívoro, se requiere de una fuente de nitrógeno para alimentar a la microbiota presente en el rumen, por lo que el ensilaje podrá fácilmente constituir una buena fuente de nitrógeno.

En otro estudio, el ensilado de vísceras de Cachama Blanca (*Piaractus brachyponum*), se consideró como práctico y factible al ser de bajo costo y de buena

calidad. Es así que se demostró que su utilización es viable a partir del día 15 de ensilado hasta el día 70. El aprovechamiento de los subproductos evita el impacto ambiental negativo causado por el vertimiento de las vísceras a las fuentes de agua (Bermúdez *et al.*. 1999).

Rueda *et al.* (2007) propusieron el uso de subproductos de *Pterygoplichthys multiradiatus* como un ingrediente en dietas para la alimentación de tilapias *Oreochromis niloticus* y con esto mermar los costos de la harina de pescado.

La tilapia del Nilo es una de las primeras especies cultivadas a lo largo de la historia de la acuicultura. Los egipcios sugieren que la tilapia del Nilo era cultivada hace más de 3.000 años. Las características acuícolas positivas de la tilapia son su tolerancia a la calidad del agua pobre, y a la amplia gama de alimentos naturales que consume (Pompa y Masser, 1999).

La tilapia es un pez de agua dulce de origen africano, se le ha considerado un alimento importante ya que representa una fuente de proteína en muchos países y presenta cualidades favorables tales como la tolerancia a ambientes adversos y un crecimiento relativamente rápido (Ridha, 2004).

2.1 DESCRIPCION DE LA ESPECIE

2.1.1 *Pterygoplichthys disjunctivus* (Pez armado)

Los llamados peces armados, también conocidos como diablo, plecos, "limpia peceras" o "limpia vidrios" son un grupo de especies nativas de la cuenta del Amazonas y pertenece a la familia Loricariidae, de la cual se conocen hasta el momento 680 especies en el mundo y al parecer aún existen varias sin descubrir.

Diversas particularidades en su morfología, su fisiología y su comportamiento, hacen que se acentúe su potencial invasivo ya que presentan una precoz y alta tasa reproductiva, aunado a su comportamiento de anidación, a sus hábitos nocturnos que los hacen imperceptibles y el cuidado parental, dan como consecuencia una alta supervivencia larval. Por otro lado; el desarrollo de escamas con fuertes espinas y placas óseas en gran

medida, explica la limitada presencia de predadores. En su hábitat natural son depredados por cocodrilos, nutrias y algunos peces grandes, además son altamente territoriales y pueden ser muy agresivos (Mendoza *et al.*, 2007).

Normalmente su crecimiento es rápido; la mayor parte de las especies son de tamaño pequeño o mediano, aunque pueden llegar a medir hasta 50 centímetros y ocasionalmente hasta 70 con más de tres kilos de peso.

Ecológicamente son extremadamente adaptables y algunos son tolerantes a la salinidad. Su gran estómago que contiene gran cantidad de vasos sanguíneos (altamente vascularizado) funciona como pulmón, permitiéndoles respirar aire atmosférico en condiciones de hipoxia (privación del suministro adecuado de oxígeno) y resistir la desecación durante varios días. Su estómago también funciona como vejiga natatoria, con lo cual pueden aumentar su flotabilidad para desplazarse rápidamente en la columna de agua. Sus niveles de glucosa y lactato que se encuentran entre los más altos encontrados en peces, les provee la energía necesaria para sostener el ritmo cardiaco en los periodos de hipoxia (Mendoza *et al.*, 2007).

Por otra parte, su boca similar a un chupón le permite fijarse fuertemente a los sustratos naturales y resistir fuertes corrientes. Son esencialmente nocturnos y sus ojos están adaptados para ver en condiciones de baja luminosidad, los pueden oscurecer voluntariamente para camuflarse y evitar a sus depredadores (Mendoza *et al.*, 2007).

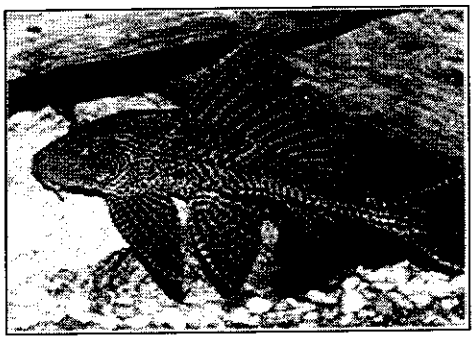

Fig. 2.1.1 *Pterygoplichthys disjunctivus* (Pez armado) tomado de nas.er.usgs.gov

2.1.2 *Oreochromis niloticus* (Tilapia)

La tilapia es un pez Teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia Cichlidae. Originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del mundo donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento. Se encuentra distribuida por el sudeste asiático, América central, el Caribe y el sur de Norteamérica. Habita aguas cálidas y su óptimo desarrollo se logra en temperaturas de los 22 a los 28° C. Los adultos pueden ser reproductivos por dos o tres años con una alta tasa de reproducción (Domínguez, M. *et al.*, 2004), y lo hacen entre 6 y 8 veces al año. Las tilapias tienen un ciclo de vida bien definido, conocidas como huevo, alevín, cría, juvenil y adulto.

El nombre de tilapia fue empleado por primera vez por Smith y pertenece a un vocablo africano que significa "pez" y se pronuncia "tula peu". Su talla comercial varía de entre 259 a 500g, la que alcanzan en un lapso de 6 a 12 meses, dependiendo de factores tales como: temperatura, alimentación, densidad de siembra, calidad genética y manejo (Petrovna *et al.*, 2006).

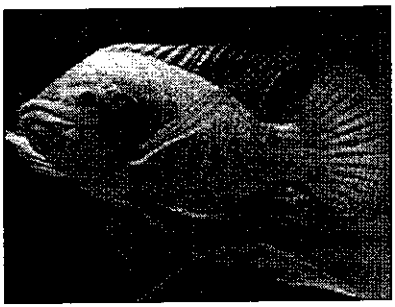

Fig. 2.1.2. *Oreochromis niloticus* (Tilapia) tomado de animal pictures archive.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El pez armado actualmente representa una problemática dentro de la Presa Infiernillo en Michoacán. ya que desplazan a otras especies. algunas de ellas endémicas. ya sea por la ingestión incidental de sus huevos o por la competencia por alimento (algas y detritus). Al desplazarse en grandes cardúmenes cuando se alimentan. dañan o arrancan la vegetación nativa. la cual a menudo es utilizada como fuente de alimento. sitio de anidación y o refugio de especies endémicas (Mendoza *et al.*, 2007).

Un ejemplo de los estragos causados por estos peces; es la devastación de una de las más importantes pesquerías de agua dulce en México en la "Presa Infiernillo". Dicha presa a llegado a registrar producciones de 20 mil toneladas de tilapia por año. Actualmente. entre 70 y 80% de la captura de tilapia se ha sustituido por lo menos a tres especies de pez armado y algunos posibles híbridos. lo cual significa pérdidas por un monto aproximado de 36 millones de pesos al año. y un costo social importante al dejar desempleados a 3.600 pescadores de la zona (Mendoza *et al.*, 2007).

4. JUSTIFICACIÓN

Con el presente trabajo se pretende dar un uso sustentable a las capturas del pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus* (entero o subproductos) en forma de hidrolizado ácido. para la aplicación en dietas prácticas para tilapia *Oreochromis niloticus*.

5. HIPOTESIS

Ha: Si el hidrolizado del pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus* presenta una calidad similar o ligeramente inferior al de la harina de pescado. permitirá un positivo desarrollo de la tilapia *Oreochromis niloticus* en substitución de la harina de pescado dando lugar a un crecimiento similar al obtenido con la harina de pescado y sin substitución.

Ho: Si el hidrolizado del pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus* no presenta una calidad similar o ligeramente inferior al de la harina de pescado. su inclusión en substitución de la harina de pescado no permitirá un positivo desarrollo de la tilapia *Oreochromis niloticus* causando un crecimiento menor al obtenido con harina de pescado y sin substitución.

6. OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de inclusión del hidrolizado de pez armado en el que la tilapia *Oreochromis niloticus* obtiene un crecimiento óptimo al sustituir la harina de pescado. por dietas formuladas con diferentes porcentajes de ensilaje del pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus.*

6.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- Formular tres dietas experimentales balanceadas para juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus,* elaboradas con ensilaje de cuero de pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus*, en comparación con una dieta control sin hidrolizado.
- Conocer la tasa de crecimiento (peso y talla) y sobrevivencia de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* alimentados con dietas formuladas en donde se probaron diferentes niveles de sustitución de la harina de pescado por ensilaje de subproductos de pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus.*
- Determinar el consumo de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* alimentados con cuatro diferentes dietas.

7. DISEÑO EXPERIMENTAL

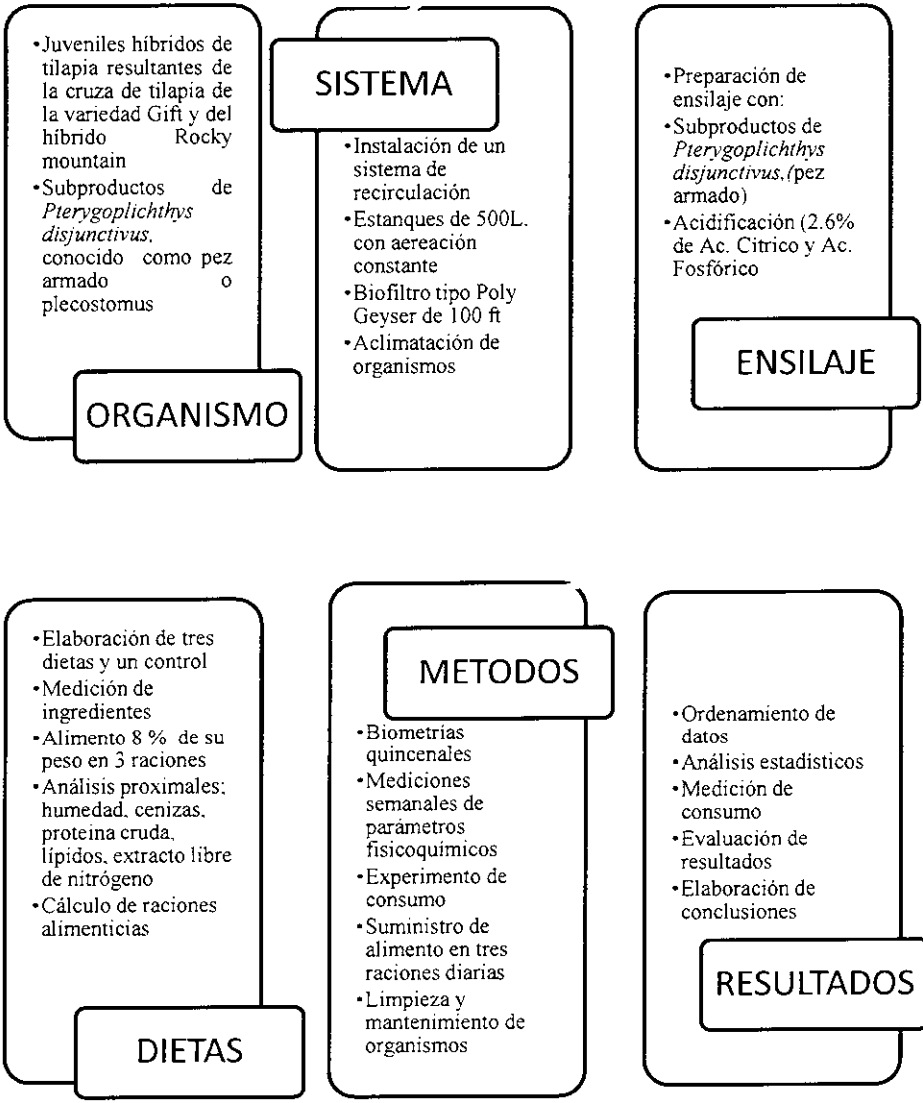

Fig.7.1. Diseño experimental del trabajo de tesis.

8. MATERIALES Y METODOS

Los organismos utilizados en este experimento constan de juveniles machos híbridos de tilapia, resultantes de la cruza de la variedad Gift (Genetically Improved Nile Tilapia) y del híbrido Rocky mountain (*O. niloticus* y *O. aureus*), de un mes de edad con una talla promedio de 19.11 ± 2.70 mm y un peso de 0.17 ± 0.02 gr. (780 organismos). Los peces fueron adquiridos de la granja "Acuicultura en el desierto" ubicada en la delegación San Antonio de las Minas en Ensenada Baja California. Para la elaboración de ensilaje se utilizó la especie *Pterygoplichthys disjunctivus*, conocido también como pez armado, diablo o plecostomus, esta especie se proporcionó por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y fueron transportados en avión previamente congelados.

Las Tilapias se colocaron en un sistema de recirculación de agua dulce, el cual se encuentra en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Oceanologicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). El sistema está compuesto de 12 estanques circulares de plástico con capacidad de 500 litros (figura 8.1), y provistos de un desagüe central con un tubo de nivel al centro y una camisa con un cedazo para evitar el escape de los organismos. Los estanques se conectaron a una red de aire para la oxigenación del agua.

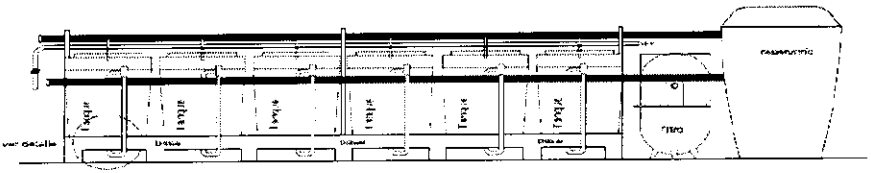

Fig.8.1. Sistema de recirculación, (12 estanques de 500L de capacidad y un bio filtro de 1700L)

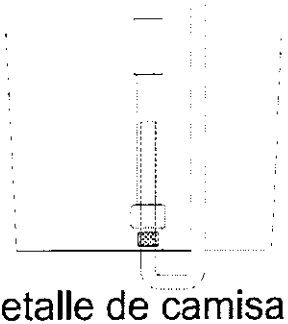

Fig.8.2 Detalle de camisa. eliminación de desechos. por medio de una camisa al centro del estanque.

El tubo de desagüe se conectó a una línea central de recepción de agua que descarga a un estanque de compensación (reservorio). El agua contenida es impulsada por una bomba de ¾ Hp a través de un filtro biológico del tipo Poly Geyser de 100 ft. el cual presenta la capacidad de remoción de sólidos y desnitrificación (Timmons. *et al.*. 2001).

Los organismos se aclimataron durante un periodo de 24 hrs en un estaque cónico de condiciones similares a las del sistema de experimentación (sistema de recirculación). en donde se alimentaron con una dieta comercial nutripec 4510 A: de Purina Alimento completo peletizado con 45% de proteína y 10% de grasa para alevines y crías de peces de clima cálido.

Para la elaboración de las dietas. se tomaron en cuenta las formulaciones a base de subproductos pesqueros. El ensilaje de vísceras de pescado se ha venido utilizando como alternativa para conservar los subproductos del pescado. los cuales tienen uso potencial como fuente de proteína en dietas para cerdos (Cervantes. 1979; Domínguez. 1994; Figueroa. 1996; Tibbets *et al.*. 1981). Este proceso consiste en estabilizar los desechos y los pescados enteros de bajo valor comercial mediante la adición de ácidos orgánicos e inorgánicos. La presencia de ácidos orgánicos y de minerales propicia la autólisis a través de las enzimas propias del pez al disminuir el pH. Esto mismo. inhibe el crecimiento de

bacterias permitiendo el almacenaje del ensilado por tiempo prolongado. (Windsor y Barlow. 1982).

Para las cuatro dietas experimentales se utilizaron diferentes niveles de sustitución de ensilaje (0. 30. 60 y 100%). la fuente primaria de proteína se obtuvo de la harina de pescado y de soya. Para la elaboración del ensilaje (de cuero de pescado) se siguió la metodología descrita por Viana *et al.* (1993) en donde el subproducto molido o triturado (Robot Coupe® modelo R10) fue mezclado en una proporción de 2.6% de ácido fosfórico más 2.6% de ácido cítrico o en combinaciones de los ácidos fosfórico y cítrico. A la mezcla se le agrego el 0.1% de benzoato de sodio y 0.02% de Butilhidroxitolueno (BHT) como conservador y antioxidante. Después de obtener la mezcla homogénea. el producto se almacenó en cubetas de 20L y fueron cubiertos con una tapa hermética permaneciendo así por al menos 2 semanas. Las cubetas debían estar bien selladas para impedir la formación de burbujas. por lo que se recomienda el uso de un plástico grueso en la superficie limitando el contacto con el aire. Hacia las orillas se roció una solución al 5% de ácido fórmico para evitar la formación de hongos. o bien. se recomienda inyectar nitrógeno para evitar la presencia de oxígeno dentro de la cubeta. Posterior a esto. el subproducto ya ensilado e hidrolizado (con apariencia semilíquida o pastosa) estuvo listo para ser mezclado distribuido en las distintas formas recomendadas dependiendo de su utilización. (Viana *et al.*, 1993)

Los ingredientes para las dietas fueron los siguientes: harina de pescado (Concentrados California SA de CV). ensilaje de subproducto de pez armado (piel en su mayoría). harina de soya (Soyatole marca Pasa con 48 % de proteína cruda). harina de trigo integral. alfalfa. maicena® (para consumo humano). gelatina. maseca®. vitaminas y minerales (Rovimix DSM® mezcla de vitaminas y minerales completos para peces carnívoros) y Rovimix Stay C 35 de DSM® (vitamina C)

Una vez seleccionados los ingredientes para las dietas. estos se incorporaron a una mezcladora Robot Coupe® modelo R10. en donde se obtuvo una pasta homogénea. el contenido de agua estuvo controlado para no sobrepasar los niveles de humedad más allá del 40 %. posteriormente la pasta se utilizó para la formación de *pellets* que se hicieron en una máquina semi industrial marca Rossito Bisani® (0.5 x 0.7mm). Después de esto. los

pellets se secaron en una estufa a de 60°C por un período de 24 hrs. Conforme se fue incrementando el tamaño de los peces, se modificó el tamaño del *pellet* que se suministró. El alimento fue conservado en bolsas plásticas tipo "*ziploc*" en un refrigerador común durante todo el experimento.

Las proporciones de ingredientes para la elaboración de las dietas, las podemos observar en el cuadro 8.1

Una vez con el alimento terminado para los cuatro tratamientos, se hicieron los análisis proximales del mismo, que consistieron en: A) determinación de la humedad. B) determinación de materia mineral o cenizas. C) determinación de proteína cruda. D) determinación de grasa cruda y E) determinación de extracto libre de nitrógeno (AOAC 1990).

A) Determinación de la humedad: Este método determina el contenido de agua de una muestra, por diferencia de peso.

Muestras cercanas a 0.5g por triplicado se secaron a peso seco constante en un horno a presión atmosférica con una temperatura de 60°C por 24 h, pasado este tiempo las muestras se sacaron y dejaron enfriar en un desecador por 15 min, a continuación se pesaron rápidamente para obtener un peso seco constante, y con esto se calculó el porcentaje de la humedad hasta la primera cifra decimal de la siguiente manera:

Cálculo:

100-(muestra seca×100)/muestra húmeda = % de humedad.

B) Determinación de materia mineral o cenizas: Este método cuantifica la materia total de una muestra por diferencia de peso.

Se pesaron 2gr de muestra por triplicado que se colocaron en cápsulas de aluminio (previamente pesadas a peso seco constante). A continuación se calcinó en una mufla durante 6 hrs a una temperatura de 550°C, una vez calcinadas las muestras se dejaron

enfriar en un desecador por 15 minutos y se procedió a pesar. para obtener el porcentaje de cenizas hasta la primera cifra decimal.

Cálculo:
% cenizas = peso final × 100 / peso inicial.

C) Determinación de proteína cruda: Método que determina el nitrógeno total en forma de amonio. sin diferenciar si proviene de proteínas o de otra fuente proteica. Se uso el método micro-Kjeldahl. con sus pasos de digestión. destilación y titulación.

Digestión: Se colocó en matraces Kjeldahl de 30 mL. 2 gr de sulfato de potasio (K_2SO_4). 40 mg de Sulfato cúprico pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H^2O$) y 50 mg de muestra seca.

Una vez con los reactivos dentro de los matraces se procedió a agregar a cada matraz 3 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)

Posteriormente se colocaron los matraces en las parrillas del digestor. en donde gradualmente se aumentaba la temperatura (aproximadamente ½ unidad cada 15 minutos hasta llegar a las 6.5 unidades) hasta lograr la digestión. La muestra va cambiando de tonalidades de color café obscuro a verdes claros. hasta obtener una solución casi transparente. en este color se deja 15 minutos más para lograr una digestión completa.

Las muestras se dejan enfriar (aproximadamente 15 min) y se les agrega 10 mL de agua destilada. como se efectúa una reacción exotérmica al agregar el agua. se debe poner el matraz en el chorro de agua corriente para evitar el calentamiento del mismo y diluir las sales que se forman. una vez terminado esto se deja reposar la solución a temperatura ambiente (22°C aprox.) para poder llevar a cabo se aforó a 25 mL. una vez aforado se regresa la solución al matraz Kjeldhal para almacenaje.

Destilación.

Se conectó el destilador a la toma de luz y las mangueras a la corriente de agua. Este siempre tiene que tener un flujo continuo durante todo el proceso.

En un vaso de precipitado de 60mL se colocaron 15 mL de ácido bórico al 3 % y 5 gotas de indicador Shiro Toshiro (mezcla de colorantes: rojo de metilo y azul de metileno al

1% cada uno diluido en alcohol) y se colocó el vaso a la salida del condensador. previamente se verifica que todas las válvulas estén completamente cerradas. se toman 5mL de muestra (de los matraces Kjeldhal) y en la parte superior del condensador se deja pasar la muestra abriendo la válvula. se cierra y se coloca ahí mismo 10 mL de hidróxido de sodio al 40 % y se deja pasar. se cierra nuevamente la válvula y por último se agregan 10 mL de agua destilada con la finalidad de enjuagar la cámara.

A continuación se prende el destilador y se va aumentando gradualmente la temperatura hasta obtener ebullición constante. Durante este tiempo es importante mantener las válvulas cerradas para no dejar escapar muestra.

Se detiene la destilación cuando el volumen del vaso llegue a 50 mL (durante 6 a 8 min) y la tonalidad de la muestra haya cambiado de color morado a verde claro.

Una vez terminada la destilación de cada muestra. se apaga el destilador y se abre la válvula derecha para la limpieza del mismo.

Titulación:

Las muestras destiladas la solución se titulan con ácido clorhídrico al 0.02 N.

Dentro de una probeta se coloca ácido clorhídrico. y debajo de éste se coloca el vaso con muestra. al que se le añade un imán que gira constantemente. se abre la válvula de la probeta y se deja pasar el ácido clorhídrico gota a gota hasta que vire de color (hasta la primera aparición de color azul violeta) una vez terminado esto se procede a anotar el volumen de ácido clorhídrico que se necesitó para el viraje. (Se preparó un vaso de precipitado (blanco) con las mismas condiciones. a excepción de la muestra y se titula de igual manera (esta muestra no debe de virar)

Cálculo:

Calcular el % de proteína mediante el uso de la expresión siguiente:

$$\% N = \frac{(\text{mL de HCL-mL de blanco}) \times \text{normalidad de HCl} \times 1.4}{\text{g de muestra}}$$

$$\mathbf{\% P = \% N \times 6.25}$$

Valoración de ácido clorhídrico (HCl), se calcula para hacer la corrección cada vez que se hace una solución nueva. Esto es importante ya que así se corrige cualquier error de la solución para llegar al cálculo correcto.

D) Determinación de grasa cruda: Método de Soxhlet, extracción con éter de petróleo, determina la concentración de la materia grasa cruda o extracto etéreo libre(Bligh y Dyer 1959).

Calcinación de matraces durante 6hrs a 550°C.

Se pesó el papel filtro donde será colocada la muestra

Se pesaron 0.5g de muestra de cada tratamiento por triplicado y se colocaron en los filtros previamente pesados, se envolvieron y se engraparon en un filtro externo.

Se agregaron 100 mL de éter de petróleo en los matraces, los filtros con muestra se colocaron dentro del Soxhlet previamente conectado a la luz y a una toma de agua, para mantener un flujo constante de agua durante todo el proceso.

Se dejaron las muestras aproximadamente por 4 horas para después recuperar el éter sobrante. Se recolectaron los filtros con muestra junto con los matraces y se pesaron a peso seco constante.

Cálculos:

Lípidos totales = peso muestra – peso muestra sin grasa = grasa.

% = (grasa x 100)/peso muestra = % de lípidos.

E) Determinación de extracto libre de nitrógeno: Determinación de los glúcidos aprovechables (almidón, azúcares solubles, pectinas, ácidos orgánicos, mucílagos y cantidades variables de celulosa y ligninas).El valor fue estimado por la diferencia de la muestra al restar sus contenidos de humedad, proteína cruda, extracto de lípidos, fibra cruda y material mineral (cenizas) (AOAC 1990).

Cuadro 8.1 Composición química de las dietas balanceadas hechas a base de ensilaje de pescado pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus.*

Formulación en gramos/1000g de dieta				
	Tratamientos			
Ingredientes	0% ensilaje	30% ensilaje	60 % ensilaje	100% ensilaje
Harina de pescado[1]	300	200	100	----
Ensilaje[2]	----	100	200	300
Harina de soya[3]	180	190	200	210
Harina de trigo[4]	150	150	150	150
Alfalfa[5]	60	60	60	60
Maizena®[6]	128	128	128	128
Gelatina	50	50	50	50
Harina de maíz[7]	100	90	80	70
Vitaminas y minerales[8]	30	30	30	30
vitamina C y stay C [9]	2	2	2	2
Total	1000	1000	1000	1000

[1] concentrados california SA de CV. (45% de proteina.) nutripec 4510 A: de Purina Alimento completo peletizado con 45% de proteina y 10% de grasa para alevines y crías de peces de clima cálido.

[2] de pez armado *Pterigoplichthys disjunctivus* (proporcionado por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.) preparado mediante la adición de 2.6% de acido fosfórico y 2.6% de acido cítrico (Viana et al, 1993) cantidad en peso seco.

[3] soyatole; marca pasa con 48% de proteina.

[4] harina de trigo integral.

[5] paca para alimentación de ganado.

[6] Marca maizena, de consumo humano.

[7] Maseca, producida en México.

[8] Robimix DSM Nutritional Products, Inc Vitamins and minerals supplement Rovimix® for carnivore fish from DSM containing per kg: Vitamin A, 536 KUI; Vitamin D3, 133.5 KUI; Vitamin E, 6666.50 mg ; Vitamin K3, 666.855 mg; Vitamin B1, 1000.04 mg; Vitamin B2, 1000.00 mg; Vitamin B6, 666.66 mg; Vitamin B12, 1.33 mg ; Vitamin C, 6666.80 mg; Nicotinamide, 5334.00 mg; Pantotenic acid, 2666.70 mg; Folic acid, 332.8 mg; Biotin, 33.3 mg; ChoBiotin, 33.3 mg; Cholin chloride, 26680.20 mg, Copper, 333.25 mg; Iron, 3333.44 mg; Manganese 1103.36 mg; Cobalt 6.72 mg; Iodine, 33.48 mg; Zinc 3333.24 mg, Selenium, 6.67 mg; Magnesium, 13333.33 mg; and Inositol 6486.39 mg.

[9] Marca DSM Nutritional Products, Inc

Cuadro 8.2 Composición proximal de la harina de pescado utilizada para la dieta control (100% Harina de pescado T1) (datos proporcionados por Manuel Zazueta. Gerente especialista en Acuicultura Agribrands Purina México SA de CV.)

Cuadro 8.2 Composición proximal de la harina de pescado (para dieta control)

Composición proximal (Harina de pescado)	
Harina de pescado	4510 A
Tamaño partícula (mm)	< 0.35
Tamaño grande (Kg)	5
Proteina mínima (%)	45
Lípidos mínima (%)	10
Fibra cruda máxima (%)	4.5
Calcio mínimo (%)	1
Fosforo mínimo (%)	1.2
Cenizas máxima (%)	10
Humedad máxima (%)	12
E.L.N. (%)	18.5
Flotación mínima (%)	0

El suministro del alimento dependió del peso de los organismos en experimentación, y se ofreció una cantidad diaria del 8% de su biomasa (Rakocy, J. E. 2008) dividida en tres raciones iguales durante el transcurso del día (9 am-3 pm- y 6 pm.)

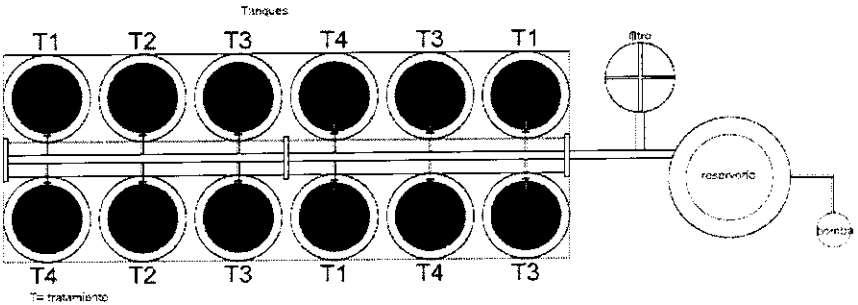

Fig. 8.3 Distribución de tratamientos por unidad experimental.

Una vez iniciado el experimento se llevó a cabo un monitoreo semanal de parámetros fisicoquímicos en donde se midió: temperatura (termógrafo), amonio (máster test kit), pH (YSI 52 Dissoved Oxygen Meter) nitritos, nitratos, salinidad (refractómetro Acuatic Eco-Sistems 1767), alcalinidad (GH y KH test general carbonate Hardness) y concentración de oxígeno disuelto (YSI 52 Dissoved Oxygen Meter).

Cada 15 días se realizaron biometrías en donde se determinó peso y talla de los organismos con el fin de determinar su crecimiento. El ensayo de alimentación se llevó a cabo durante 90 días hasta alcanzar como mínimo el 400% de incremento en peso corporal en todos los tratamientos.

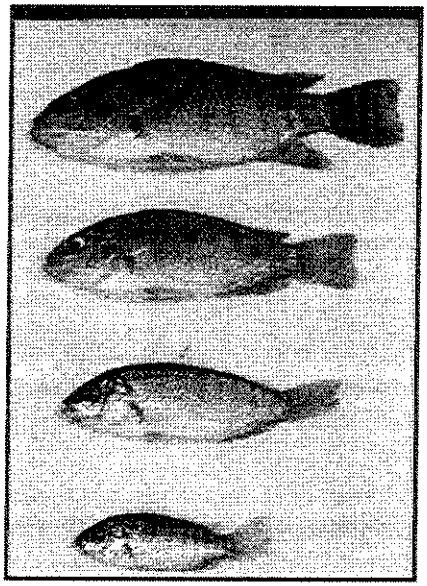

Fig.8.4 Organismos de los 4 diferentes tratamientos.

Con la finalidad de medir el consumo de alimento de las tilapias experimentales se realizó una prueba que consistió en colocar a 15 organismos de cada estanque en cubetas que contaban con una malla de fondo tipo manta. Estas cubetas se instalaron adentro de los estanques con la intención de mantener las mismas condiciones ambientales que el resto de los organismos, para poder hacer comparaciones entre tratamientos. En cuanto a las raciones de alimento, éstas se ajustaron después de cada biometría. El alimento se pesó diariamente y se alimentó tres veces al día. Antes de cada alimentación se sifoneó la cubeta para quitar residuos de los desechos de los peces. El alimento se ofreció durante un periodo de 20 a 30 min y para medir el consumo real se recuperó el alimento no consumido por medio de sifón. Ya recuperado el alimento se pasó a través de un filtro para quitar el exceso de agua de las muestras y se secó a peso seco constante (60°C por 24hrs).

El consumo se estimó como la diferencia de peso seco constante entre el alimento ofrecido y el recolectado menos la pérdida de peso, después de permanecer 20 minutos en las cubetas experimentales. La cantidad de dieta suministrada se calculó al 8% de su biomasa, una vez con esto se pesó la cantidad exacta de alimento para cada estanque.

La cantidad de alimento consumido F (g) se calculó con la siguiente ecuación:

$$F = (GS/100)-R.$$

Donde G corresponde a dieta suministrada (en gramos) S porcentaje de la dieta recuperada y R al porcentaje de pérdida por estabilidad en el agua. Todo calculado en gramos y en peso seco constante

El análisis estadístico consistió en la aplicación de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Para los casos en donde se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos se realizó una prueba a posteriori. Las diferencias significativas se establecieron con una probabilidad de 0.05 (Zar, 1984). Minitab versión 13, fue utilizado para realizar todas las pruebas estadísticas.

9. RESULTADOS

9.1. |Dieta.

En el cuadro 9.1 se muestran los porcentajes de la composición proximal del alimento de los cuatro tratamientos. Este cuadro nos muestra los diferentes contenidos proteicos de las dietas, como el porcentaje de lípidos, cenizas y el extracto libre de nitrógeno. Los porcentajes de proteínas variaron desde 30.41 ± 2.08 en la dieta de 100% de ensilaje de pez armado hasta 49.76 ± 1.82 en la dieta control (sin ensilaje). También podemos observar cómo los lípidos y las cenizas van aumentando sus niveles conforme se incrementa el ensilaje en las dietas.

Cuadro 9.1 Composición proximal de las dietas experimentales a base de ensilado de pez armado. Valores promedio y desviación estándar.(*Hp, harina de pescado. *E Ensilaje de pez armado)

Composición proximal				
	100% (Hp)	30% (E)	60% (E)	100% (E)
Proteínas %	49.76 ± 1.82	46.87 ± 0.88	36.03 ± 1.02	30.41 ± 2.08
Lípidos %	7.26 ± 0.31	8.17 ± 0.24	8.33 ± 0.19	11.02 ± 0.27
Humedad %	0.35 ± 0.04	1.07 ± 0.03	1.25 ± 0.04	3.15 ± 0.06
Cenizas %	8.80 ± 0.08	10.71 ± 0.16	13.27 ± 0.07	14.90 ± 0.21
ELN %	34.18	34.25	42.37	43.67
Energía (kcal/g)	5.22	5.22	5.09	5.15
Proporción proteína / energía	95.31	89.38	70.78	59.04

9.1.1 Análisis químico proximal (AQP) del ensilaje.

En el Cuadro 9.2 se muestran los porcentajes de la composición proximal del ensilaje, en el cual podemos ver que el porcentaje de proteína es de 33.66 ± 0.51 y un alto porcentaje para la humedad presentando valores de 65.60 ± 1.83. Un dato a resaltar es el alto contenido de cenizas que se presenta con un valor de 40.69 ± 1.89.

Cuadro 9.2 Composición química proximal del ensilaje de pez armado. En porcentaje y desviación estándar.

Composición Proximal Ensilaje	
	Ensilaje
Proteína %	33.66 ± 0.51
lípidos%	14.23 ± 0.52
Humedad %	65.60 ± 1.83
Cenizas %	40.69 ± 1.89
ELN %	11.42
Energía (Kcal/g)	3.70
Proporción proteína /energía	90.97

9.2. Parámetros físico químicos

Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los estándares normales para el cultivo de tilapia (cuadro 9.3), en donde el amoniaco se presentó de manera regularmente homogénea durante el experimento (máximo 0.25mg/L). De la misma manera se comportaron los demás parámetros físico químicos: nitritos, nitratos, salinidad y pH. En cuanto a la dureza, temperatura y oxígeno disuelto hubo algunas fluctuaciones que representaron algunas alteraciones dentro del cultivo.

Cuadro 9.3 Parámetros fisicoquímicos por semana durante el trascurso del experimento. (Amonia (NAT) Nitritos, Nitratos, Salinidad, pH, Dureza, Temperatura, y Oxigeno disuelto.)

Parámetros fisicoquímicos.	**Semanas**								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Amonia (NAT) ppm (mg/L)	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0	0	0	0.25
Nitritos ppm(mg/L)	0	0	0	5	0.25	0	0	0	0
Nitratos ppm(mg/L)	0	0	0	20	10	40	40	40	40
Salinidad Ppm	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5
pH (High Range)	8.4	8.46	7.8	8.2	8	8	8.2	8	8.2
Dureza (KH) (ppm)	89.5	71.6	71.6	107.4	143.2	179	161.1	161.1	125.3
Temperatura (°C)	24.2	24.8	24.1	24.3	22.8	24.6	19.9	18.3	19.5
Oxigeno disuelto (mg/L)	8.75	8	7.9	8.2	8.2	8.19	9.47	10.09	9.83

9.2.1 Temperatura

Uno de los parámetros importantes para el buen manejo del cultivo es la temperatura del medio. Por tanto, se monitoreó durante todo el experimento obteniendo valores que van desde los 25 °C en las primeras semanas, hasta valores de 18.3 °C en las últimas semanas (valor mínimo recomendado para tilapias 20°C) como se muestra en la figura 9.1

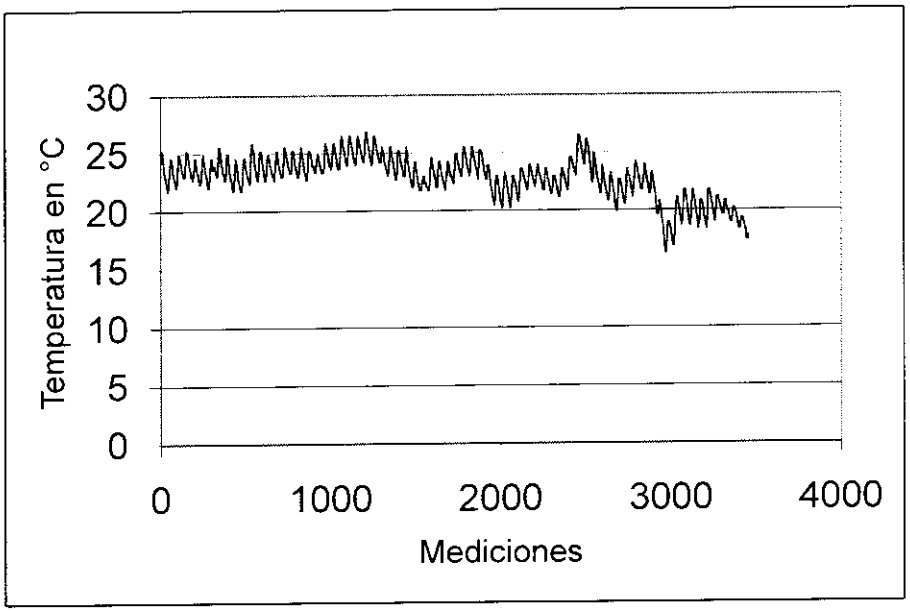

Fig. 9.1 Fluctuación de temperatura diaria en intervalos de 30 minutos en °C.

9.3 Crecimiento

En la figura 9.2 se muestra el Crecimiento en peso de tilapias (*Oreochromis niloticus)* alimentadas con diferentes niveles de inclusión del ensilaje de pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus*. El peso está dado en el incremento en gramos. obtenidos en un total de 90 días. Las barras muestran las desviaciones estándar. Observamos como las tilapias alimentadas con el tratamiento control (T1) tienen un crecimiento superior a todas a partir del día 30 (Peso y desviación estándar). aunque sin mostrar diferencias significativas > 0.01. Al día 60 se observó como los organismos tratados con la dieta control tuvieron un crecimiento significativamente superior (P=0.05) con un peso de 2.45 ± 0.27gr al día 75. Sin embargo. para los organismos del tratamiento 30 y 60 % de ensilaje. presentaron valores muy similares en cuanto a peso. en donde el de 30 % resultó en 2.99 ± 0.21 gr. mientras que para el 60 % un peso de 3.18 ± 0.67gr. En el tratamiento con 100% de ensilaje se registraron pesos inferiores a los 2.50 ± 0.26gr. siendo éste el más bajo de todos los tratamientos. Para el día 90 el tratamiento control (T1) mostró un valor de 3.95 ± 0.24gr resultando en el crecimiento más alto seguido por el tratamiento con 30% (T2) con valores de 3.41 ± 0.10gr y un poco más bajo el tratamiento del 60 % (T3) con valor promedio de 3.24 ± 0.48gr.

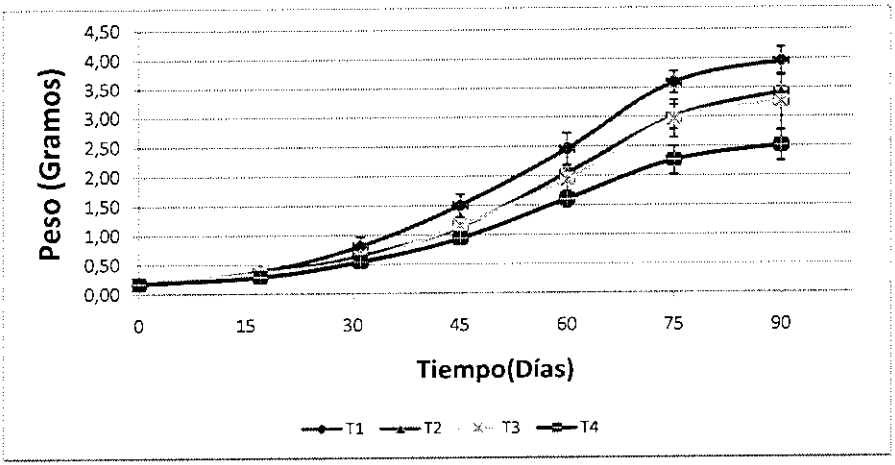

Fig.9.2 Crecimiento en peso promedio de las tilapias (*Oreochromis niloticus)* del día 0 al 90. El peso se presenta en gramos más la desviación estándar.

En la figura 9.3 se representa el crecimiento en talla de tilapias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con diferentes niveles de inclusión de pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus)* en forma de ensilado. La talla está dada en el incremento en mm obtenidos en un total de 90 días. Las barras muestran las desviaciones estándar. En cuanto a la talla podemos ver en esta gráfica que no se muestran datos muy alejados unos de otros durante la mayor parte del periodo experimental. Sin embargo, para el día 90, el tratamiento control (100 % harina de pescado; T1) presentó valores de 60.93 ± 0.97mm siendo éste valor el más alto con respecto a los demás tratamientos seguido por el tratamiento con 30 % de ensilaje (T2) con 59.01 ± 1.10mm y el tratamiento con 60 % de ensilaje (T3) con 57.07 ± 3.11mm y por último el tratamiento con 100 % de ensilaje (T4) con un valor promedio de 55.03 ± 2.29mm.

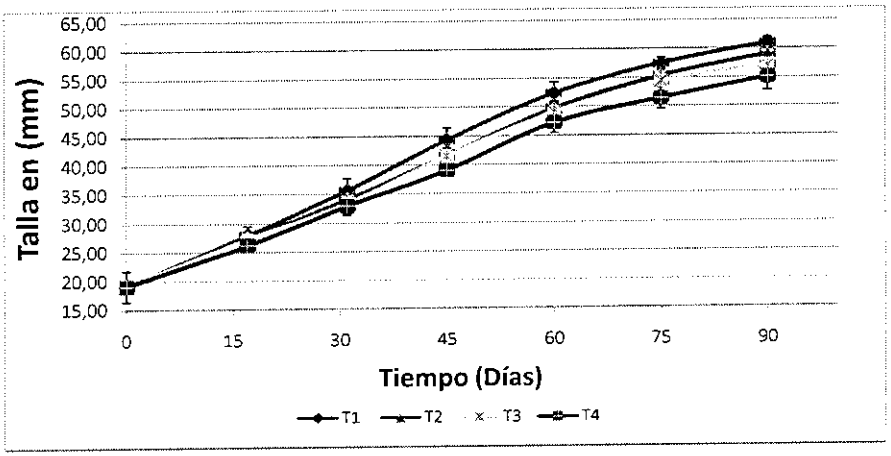

Fig. 9.3 Crecimiento en talla promedio de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) día 0 al 90. La talla se presenta en milímetros más su desviación estándar.

En el cuadro 9.4 se presentan los pesos promedio en gramos de los diferentes tratamientos con relación a las biometrías realizadas durante el experimento. Se observó un peso inicial de 0.17gr y un peso final de 3.95gr para el tratamiento control (T1) con 0 % ensilaje. siendo éste el de mayor peso reportado. El segundo con mejor crecimiento correspondió al tratamiento con 30 % de de ensilaje (T2) con un valor máximo de 3.41 ± 0.10gr. Sin embargo. el tratamiento con 60 % de ensilaje (T3) con una diferencia no mayor a 0.17gr del tratamiento T2 muestra valores de 3.24 ± 0.48gr siendo estos dos tratamientos los más cercanos en cuanto al peso registrado. El tratamiento con 100 % de ensilaje (T4) presentó los valores más bajos en cuanto al peso. con una diferencia de 0.74gr con respecto al tratamiento antecesor (T3). El T4 presento valores de 2.50 ± 0.26gr.

Cuadro 9.4 Pesos promedio.

	PESO PROMEDIO			
Biometría	**0% Ensilaje**	**30% Ensilaje**	**60% Ensilaje**	**100% Ensilaje**
Día 0	0.17± 0.02	0.17± 0.02	0.17± 0.02	0.17± 0.02
Día 15	0.38 ± 0.06	0.32 ± 0.01	0.34 ± 0.02	0.28 ± 0.01
Día 30	0.80 ± 0.16	0.63 ± 0.04	0.58 ± 0.11	0.53 ± 0.07
Día 45	1.50 ± 0.19	1.13 ± 0.06	1.16 ± 0.12	0.93 ± 0.04
Día 60	2.45 ± 0.27	2.04 ± 0.13	1.93 ± 0.19	1.60 ± 0.14
Día 75	3.59 ± 0.19	2.99 ± 0.21	3.18 ± 0.67	2.26 ± 0.24
Día 90	3.95 ± 0.24	3.41 ± 0.10	3.24 ± 0.48	2.50 ± 0.26

En el cuadro 9.5 se muestran las tallas promedio en milímetros de los diferentes tratamientos en relación a las biometrías realizadas durante el experimento. Los cuatro tratamientos dieron una talla promedio inicial de 19.11 ± 2.71mm. Al final del experimento el tratamiento control 0% ensilaje (T1) dio como resultado valores de 60.93 ± 0.97mm siendo la talla más alta de los cuatro tratamientos. Seguida con una diferencia de 1.92mm el tratamiento con 30 % de ensilaje (T2) dio valores de 59.01 ± 1.10. El tratamiento con 60 % de ensilaje (T3) presentó valores finales de 57.07 ± 3.11 con una diferencia no mayor de 1.94mm con respecto al tratamiento con 30 % (T2). Por último y con los valores más bajos registrados para talla se encuentra el tratamiento 100 % de ensilaje (T4) con una talla promedio de 55.03 ± 2.29mm con una diferencia con respecto al tratamiento de 60 % ensilaje (T3) de 2.04mm. siendo esta diferencia la mayor entre todos los tratamientos.

Cuadro 9.5 Talla promedio dada en mm.

TALLA PROMEDIO				
Biometría	**0% Ensilaje**	**30% Ensilaje**	**60% Ensilaje**	**100% Ensilaje**
Día 0	19.11 ± 2.71	19.11 ± 2.71	19.11 ± 2.71	19.11 ± 2.71
Día 15	27.88 ± 1.62	26.43 ± 1.11	27.18 ± 0.78	26.12 ± 0.32
Día 30	35.57 ± 2.14	34.00 ± 1.30	33.31 ± 1.92	32.83 ± 1.34
Día 45	44.28 ± 2.20	41.56 ± 0.62	41.54 ± 1.40	39.01 ± 0.58
Día 60	52.34 ± 2.01	49.72 ± 1.23	49.02 ± 1.49	47.20 ± 1.74
Día 75	57.46 ± 1.04	55.27 ± 1.47	54.41 ± 1.90	51.40 ± 1.90
Día 90	60.93 ± 0.97	59.01 ± 1.10	57.07 ± 3.11	55.03 ± 2.29

El crecimiento promedio del peso de los organismos por tratamiento se observa en el cuadro 9.6. en donde se muestra el incremento en peso (gr) durante 90 días de experimentación. El tratamiento con 0 % de ensilaje (T1) obtuvo el valor más alto con un crecimiento por día de 0.042gr. y un peso promedio final de 3.78 gr. Seguido de éste se encuentra el tratamiento con 30 % de ensilaje (T2) con un crecimiento por día de 0.036gr. y un peso promedio final de 3.25gr. El tratamiento con 60% de ensilaje (T3) obtuvo un crecimiento diario de 0.034gr. y valores de peso promedio final de 3.08gr.Por último. el tratamiento que registró el menor incremento en peso fue el 100 % ensilaje (T4) con un crecimiento diario de 0.026gr. y un peso promedio final de 2.34gr. Estos valores de incremento en peso se ven representados en la figura 9.4 la cual muestra el comportamiento del los organismos el final del experimento.

Cuadro 9.6 Crecimiento promedio de los tratamientos por día.

Tratamiento	Crecimiento total 90 días (gr)	Crecimiento por día (gr)
T1	3.78	0.042
T2	3.25	0.036
T3	3.08	0.034
T4	2.34	0.026

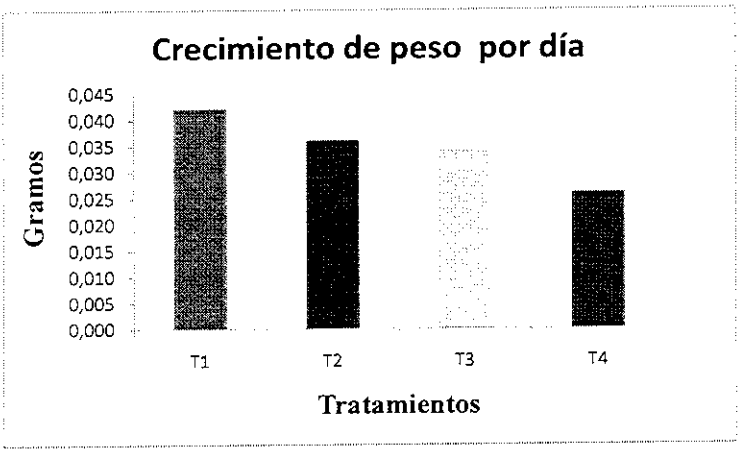

Fig.9.4 Tasa diaria de crecimiento en peso por tratamiento.

El crecimiento promedio de la talla de los organismos por tratamiento se observa en el cuadro 9.7, en donde el incremento en talla esta marcado en milímetros para 90 días de experimentación. El tratamiento con 0 % de ensilaje (T1) obtuvo el valor más alto con un crecimiento por día de 0.46mm, y para el final del experimento mostro un incremento de 41.81mm. El tratamiento con 30 % de ensilaje (T2) presentó un crecimiento por día de 0.44mm, y obtuvo valores finales de 39.89 mm. El tratamiento con 60 % de ensilaje (T3) presento un crecimiento diario de 0.422mm, y obtuvo valores finales de 37.95 mm. El tratamiento con 100 % ensilaje (T4) mostró el menor crecimiento con 0.399mm por día de un total de 35.91mm.

Estos valores de crecimiento se ven representados en la figura 9.5, la cual muestra el comportamiento de incremento en talla de los organismos al final del experimento.

Cuadro 9.7 Crecimiento promedio de los tratamientos por día.

Tratamiento	Crecimiento total 90 días (mm)	Crecimiento por día(mm)
T1	41.81	0.465
T2	39.89	0.443
T3	37.95	0.422
T4	35.91	0.399

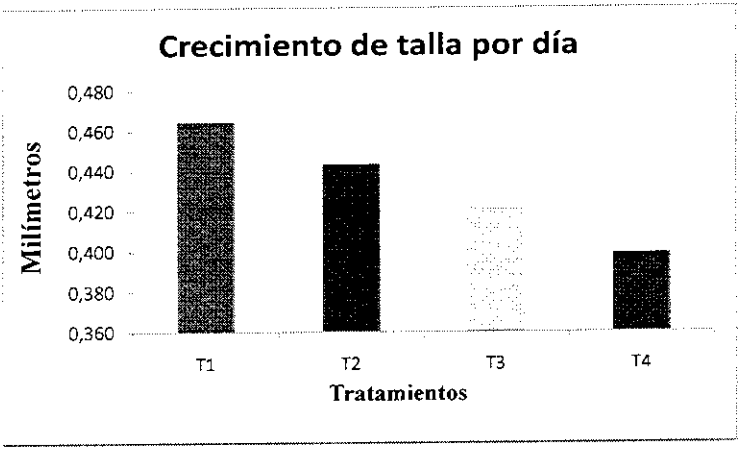

Fig. 9.5 Tasa diaria de crecimiento en talla por tratamiento.

Para la obtención de un diagrama de dispersión se llevo a cabo la transformación de todos los datos naturales a logarítmicos de talla contra peso. de esta manera se obtuvo el siguiente diagrama de dispersión que nos muestra una correlación positiva entre ambos. ya que los datos se muestran en forma compacta dentro de un mismo eje. En la línea de las X se muestra la talla en mm y en la línea Y se muestra el peso en gr. La tendencia de los organismos representada por una línea de regresión nos indica una relación directa entre talla y peso. Se excluyeron 4 datos atípicos distantes no influyentes. que no modificaron la línea de regresión.

La ecuación de regresión describe la relación entre dos variables.

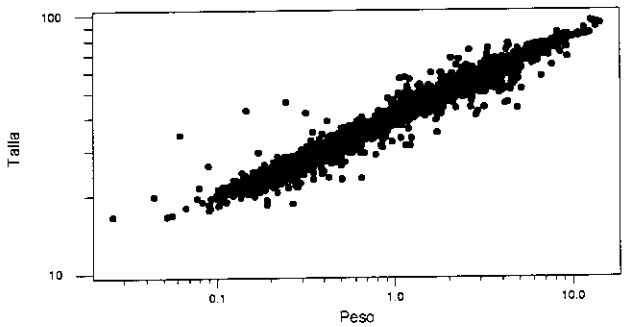

Fig.9.6 Diagrama de dispersión entre ln_talla y ln_peso registrados para las tilapias alimentadas con distintos niveles de ensilaje de pez armado.

En el cuadro 9.8 se muestra el análisis de regresión: ln_talla contra ln_peso. En dicho cuadro se observa el valor del coeficiente de determinación múltiple (El coeficiente de correlación lineal R que mide la fuerza de la relación lineal entre valores *x* y *y* apareados de una muestra) de 96.5 %. dado que este valor es cercano a -1 + 1 podemos decir que la ecuación se ajusta bien a los datos y podemos usarla para hacer predicciones con el coeficiente de determinación ajustado (R^2adj). Se observa que la variación del peso se explica por la talla de los peces con una correlación lineal significativa. Por otro lado, el coeficiente de error estándar estimado arroja valores pequeños (0.00090 - 0.000924) que nos reflejan que los puntos se mantienen cerca de la línea de regresión. Dado que el valor de P es de 0.000 rechazamos la hipótesis nula debido a que es menor que el grado de significancia de α =0.05. Lo anterior implica que al menos uno de los dos valores es distinto de cero con una alta significancia para la predicción de pesos basándose en la talla.

H :$\rho = 0$ (rechazamos) H_1: $\rho \neq 0$

Cuadro 9.8 Análisis de regresión de los logaritmos de talla contra logaritmos de peso

Análisis de Regresión: logaritmos de talla contra logaritmos de peso

la ecuación de regresión es:

ln_talla = 3.70 + 0.319 ln_peso

4346 casos usados 4 casos fueron excluidos

Predictor	Coef.	Se Coef.	T	P
Constante	3.69546	0.00090	4099.84	0.000
ln_peso	0.319391	0.000924	345.60	0.000

S = 0.05899 R^2 = 96.5% R^2(adj) = 96.5%

El Cuadro 9.9 análisis de varianza muestra que el valor de P es menor que el nivel de significancia α =0.05. por lo que se rechaza la hipótesis de que las medias son iguales (H : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$). También se indica en el cuadro que las sumas de cuadrados y las medias de cuadrados muestran que MS tratamiento es mayor que MS error. por lo tanto se rechaza la afirmación de que las medias son iguales. Dado que los valores para la prueba de F son significativamente grandes. marca un indicio en contra de que las medias sean iguales.

Cuadro 9.9 Análisis de varianza.

Análisis de Varianza

Fuente	Grados libertad	SS	MS	F	P
Regresión	1	415.69	415.69	119441.56	0.000
Error residual	4344	15.12	0.00		
Total	4345	430.81			

En la figura 9.7se muestran los residuales de logaritmo de talla contra logaritmo de peso. en donde se representa a la mayoría de los datos dentro de una homocedasticidad cercana al 0.0. sin embargo. se pueden ver algunos errores aleatorios que se muestran con una tendencia hacia 0.5 como para -0.5.

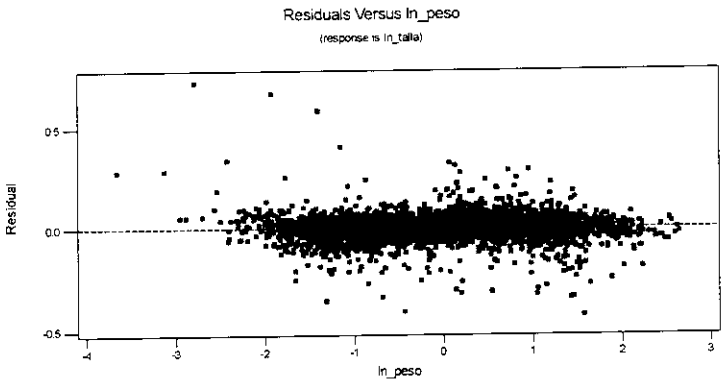

Fig.9.7 Residuales

El cuadro 9.10 nos muestra que no se encuentran diferencias significativas en cuanto al color de los organismos (característica de sexo) con respecto a su talla. En el cuadro se observan valores similares para medias y medianas entre blancos y negros. El cuartil Q1 nos muestra cómo los datos para los dos colores se encuentran relativamente cercanos, teniendo en cuenta que son el 25% de N (numero de valores en una muestra), mientras que para el cuartil Q3 se comportan también muy similares los dos colores, siendo estos el 75% de N. Igualmente se puede apreciar que se encontró un mayor número de N para el color negro con una diferencia de 712 con respecto a los de color blanco.

Cuadro 9.10 Estadística descriptiva de talla por color

Estadística descriptiva: Talla por Color

Variable	Color	N	Media	Mediana	TrMedia	SD
Talla	Blancos	1819	43.863	43.930	43.523	12.835
	Negros	2531	43.812	43.480	43.325	13.608

Variable	Color	SE Media	Mínimos	Máximos	Q1	Q3
Talla	Blancos	0.301	16.640	92.120	33.670	53.020
	Negros	0.270	16.590	94.590	32.500	53.080

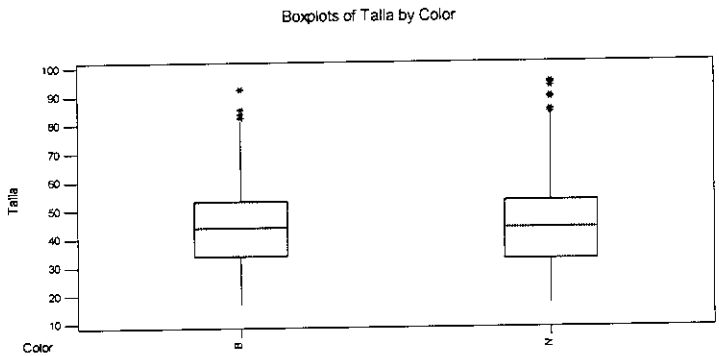

Fig.9.9 Grafico descriptivo de talla por color.

La figura 9.10 nos muestra que no se encuentran diferencias significativas entre color de los organismos con respecto de su peso. Los datos de los cuartiles Q1 y Q3 se comportan de manera similar para los dos colores, presentando valores cercanos entre medias y medianas. La gráfica de cajas muestra como los datos se distribuyen de manera similar tanto para blancos como para negros.

Cuadro 9.11 Estadística descriptiva de peso por color.

Estadística descriptiva: Peso por Color

Variable	Color	N	N*	Media	Mediana	TrMedia
Peso	Blanco	1816	3	1.6589	1.2788	1.5012
	Negro	2530	1	1.7430	1.2350	1.5387

Variable	Color	SD	SE Media	Mínimo	Máximo	Q1
Peso	Blanco	1.4558	0.0342	0.0259	14.1562	0.5696
	Negro	1.7140	0.0341	0.0443	13.7601	0.5230

Variable	Color	Q3
Peso	Blanco	2.2843
	Negro	2.3448

Nota N* 4 datos excluidos.

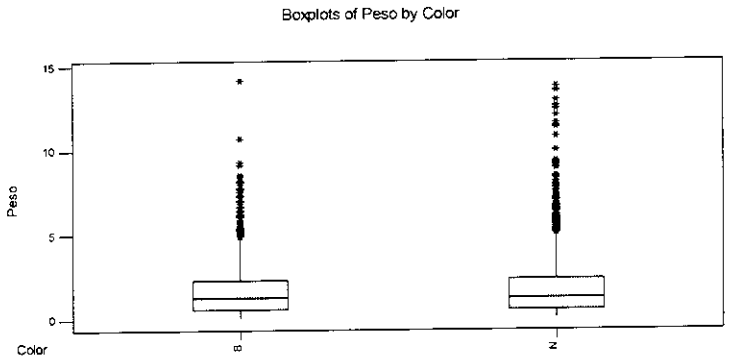

Fig.9.10 Grafico descriptivo de peso por color.

En el cuadro 9.12 se representa el modelo lineal general de logaritmo de peso contra % de ensilaje y fecha, se puede observar que la F calculada es significativamente alta y con esto se puede predecir que conforme pasa el tiempo los organismos fueron ganando peso.

Cuadro 9.12 Modelo lineal.

Modelo Lineal General: ln_peso versus % Ensilaje, Fecha

Factor	Tipo	Niveles	Valores
% Ensilaje	Fijo	4	0.0.0.3. 0.6 y 1.0
Fecha	Al azar	6	3/Oct/08 05/Sep/08 17/Oct/08 19/Sep/08 22/Ago/08 28/Oct/08

Análisis de varianza para ln_peso, usando ajuste de cuadrados (SS)

Fuente	Grados libertad	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% Ensilaje	3	76.47	73.59	24.53	106.87	0
Fecha	5	3003.06	3003.06	600.61	2616.62	0
Error	4337	995.5	995.5	0.23		
Total	4345	4075.02				

En el cuadro 9.13 muestra las medias cuadradas para el logaritmo de peso, de los diferentes porcentajes de sustitución de ensilaje y para las fechas de biometrías. Se observa que conforme se fue aumentando el ensilaje en la dieta, la media cuadrada para el logaritmo de peso de los organismos fue disminuyendo, igualmente se puede ver en la disminución en gramos.

Cuadro 9.13 Medias cuadradas del logaritmo de peso.

Medias cuadradas para logaritmo de peso		
% Ensilaje	Media	Gramos
0.0	0.320	1.3771
0.3	0.167	1.1818
0.6	0.113	1.1196
1.0	-0.043	0.9579
Fecha		
03-Oct-08	0.581	
05-Sep-08	-0.572	
17/0ct/08	0.951	
19-Sep-08	0.056	
22-Ago-08	-1.233	
28-Oct-08	1.053	

Con relación a la tabla anterior, en donde se obtuvieron las medias de cuadrados para logaritmo de peso, se pueden hacer comparaciones entre los tratamientos. Se compara la media de 0.0% de ensilaje, con la media de 0.3, 0.6 y 1.0, esta comparación se hace restándole a la media del 0.0% cada una de las medias de los otros tratamientos. Las diferencias se observan en el cuadro 9.14 y estas se encuentran en la columna "centro", también están marcadas en forma de asterisco (*) sobre una línea de referencia que va del -0.36 al 0.0. Conforme los centros se encuentren más retirados del 0.0 se puede decir que son más diferentes al tratamiento 0% ensilaje de pescado (T1).

Cuadro 9.14 (Tukey) Intervalos de confianza simultáneos. 0.0

Tukey 95.0% intervalos de confianza simultáneos

Variable de respuesta ln_peso

Todas las comparaciones en parejas entre niveles de % de ensilaje

% Ensilaje = 0.0 restado de:

```
% Ensilaje   Bajo      Centro     Alto   -----+---------------------+---------+-
0.3         -0.2059   -0.1533   -0.1006                   (---*----)
0.6         -0.2590   -0.2067   -0.1545              (----*---)
1.0         -0.4156   -0.3630   -0.3104  (----*---)
                                          -----+---------+---------+---------+-
                                             -0.36     -0.24     -0.12     0.00
```

En el cuadro 9.15 se observa como la media de 0.3 es restado para 0.6 y 1.0. Podemos ver que los centros se encuentran separados indicando diferencias entre los tratamientos.

Cuadro 9.15 Intervalos de confianza simultáneos 0.3

% Ensilaje = 0.3 restado de:

```
% Ensilaje  Bajo      Centro     Alto   -----+---------+---------+-----------
0.6         -0.1064   -0.0535   -0.0005                          (----*---)
1.0         -0.2630   -0.2097   -0.1565              (----*---)
                                          -----+---------+---------+---------+-
                                             -0.36     -0.24     -0.12     0.00
```

Por otro lado, en el cuadro 9.16 se muestra la media cuadrada de logaritmos de peso de 0.6 menos la media de 1.0. Aquí se observan diferencias entre sí de todos los tratamientos al estar los centros (*) distantes unos de otros, indicando que los tratamientos con 60 % y 100% ensilaje son diferentes entre sí ya que su centro está alejado del extremo 0

Cuadro 9.16 Intervalos de confianza simultáneos.0.6

% Ensilaje = 0.6 restado de:

```
% Ensilaje   Bajo     Centro     Alto   ---------------+-------------------+-
1.0         -0.2092   -0.1563   -0.1034                   (---*---)
                                          -----+---------+---------+---------+-
                                             -0.36     -0.24     -0.12     0.00
```

Se realizó una prueba de Tukey simultanea en donde se comparó al 0.0% de ensilaje con los niveles de 0.3. 0.6 y 1.0 %. El valor ajustado de P es 0.0 que indica la probabilidad de cometer un error de tipo I si se rechaza Ho.

Cuadro 9.17 Test simultaneo. (Tukey).

Tukey Tests simultaneo

Variable Responsable logaritmo de peso
Todos las comparaciones en parejas entre % de ensilaje

% Ensilaje = 0.0 restado de:

Nivel % Ensilaje	Diferencia de media	Se de Diferencia	Ajustado valor-T	Valor-P
0.3	-0.1533	0.02051	-7.47	-0.0000
0.6	-0.2067	0.02037	-10.15	-0.0000
1.0	-0.3630	0.02049	-17.72	-0.0000

Cuadro 9.18 Test simultaneo % ensilaje 0.3

% Ensilaje = 0.3 Restado de:

Nivel % Ensilaje	Diferencia de medias	SE de Diferencia	Ajustado Valor-T	Valor-P
0.6	-0.0535	0.02063	-2.59	0.0470
1.0	-0.2097	0.02075	-10.11	-0.0000

Cuadro 9.19 Test simultaneo % ensilaje 0.6

% Ensilaje = 0.6 Restado de:

Nivel % Ensilaje	Diferencia de media	SE de Diferencia	Ajustado Valor-T	Valor-P
1.0	-0.1563	0.02061	-7.582	-0.0000

9.4 Supervivencia

El Cuadro 9.10 muestra la supervivencia final de los organismos en experimentación por tratamiento. Se muestra que el tratamiento con mayor índice de supervivencia fue con el 0% ensilaje (T1) con un 95.38% ± 1.307 seguido por el 60 % ensilaje (T3) con un 93.58% ± 1.607 y el tratamiento con 30% de ensilaje (T2) con un 92.21 % ± 1.753. Por último, el tratamiento de 100 % de ensilaje (T4) mostró el menor índice de supervivencia con un porcentaje de 92.04± 2.559.

Cuadro 9.10 Supervivencia final.

SUPERVIVENCIA			
0%Ensilaje (T1)	**30%Ensilaje(T2)**	**60%Ensilaje(T3)**	**100%Ensilaje(T4)**
95.38% ± 1.307	92.21 % ± 1.753	93.58% ± 1.607	92.04 % ± 2.559

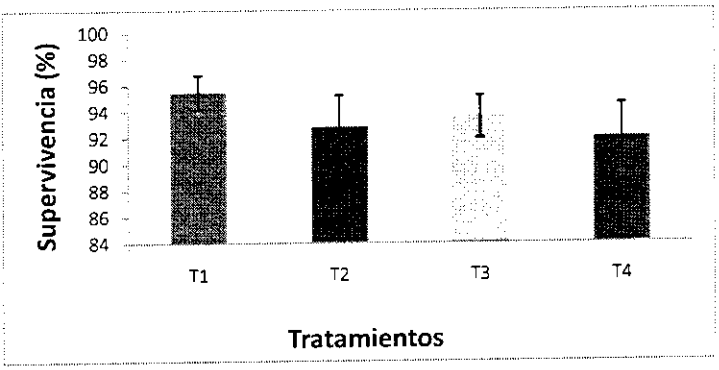

Fig.9.10 Supervivencia final de los organismos por tratamiento.

9.5 Consumo

El consumo diario en porcentaje del peso de los organismos se ve reflejado en la siguiente gráfica. El consumo se midió durante tres días por triplicado para cada tratamiento y este fue dividido por el total de la biomasa de cada estanque. se observa que el nivel de consumo del tratamiento 100% ensilaje (T4) es mayor que el del resto de los tratamientos. El tratamiento que presentó menor ingesta este fue el de 0 % de ensilaje (T1) seguido por el tratamiento con 60% (T3).

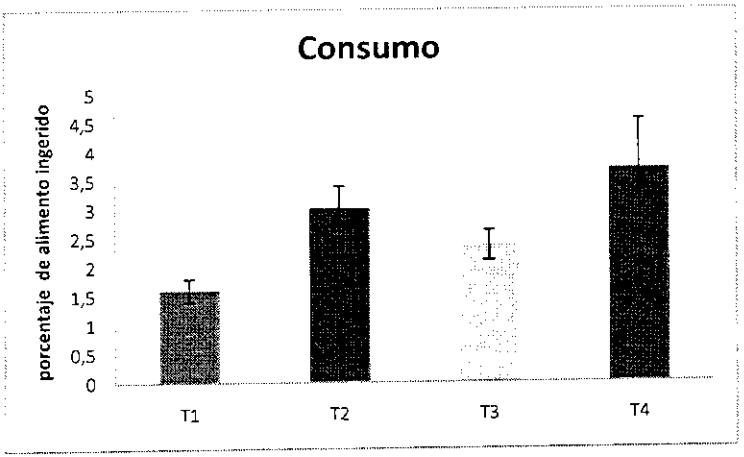

Fig. 9.11 Consumo diario en porcentaje de su peso en tilapias alimentadas con distintos niveles de ensilaje en sustitución de harina de pescado.

DISCUSIÓN

Las dietas a base de ensilaje de pescado han mostrado ser una alternativa para la alimentación de diferentes especies según algunos autores. ya que nos permite substituir la harina de pescado por fuentes alternas que tradicionalmente no se utilizan. Al comparar los resultados de la composición proximal de este trabajo con otros autores. existe cierta similitud. lo cual podría ser un indicativo de que la composición de los subproductos podría ser reproducible. Al formular ensilajes es importante contar con materias primas estables que contengan una composición proximal constante. Vale la pena recalcar que la composición proximal es el reflejo del contenido de nutrientes. Los desechos o subproductos pesqueros se basan en la porción del pez que por lo general no se aprovecha. por eso que el contenido de cenizas sea alto. ya que consta de una elevada cantidad de tejido óseo con respecto a la proteína del músculo

Bello (1994). Berenz (1994) y Parin *et al.* (1994). reportan que el ensilaje constituye una alternativa viable dado que es un producto de fácil elaboración y de bajo costo. además de aprovechar los residuos de desechos de la industria pesquera. tales como las cabezas. colas. huesos. piel. escamas. vísceras y pescado entero no apto para consumo humano. Con base en esto. el presente trabajo considera el uso de subproductos del pez armado para la elaboración de ensilajes y así aprovechar las capturas del pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus.*

En general el uso de ensilados en la industria alimentaria es bastante común dada la disponibilidad de subproductos pesqueros de bajo valor en el mercado (peces enteros y vísceras). Diversos autores (Vizcarra-magaña *et al.* 1999. Fagbenro y Jauncey 1993. Goddard y Perret 2005. y Santana Delgado *et al.* 2008) utilizan pescado entero y vísceras. solas o bien mezcladas con otros compuestos ensilables. para la alimentación de organismos de corral y peces. Al comparar sus resultados con los obtenidos. observamos coincidencias tanto en metodología para la fabricación del mismo como en los resultados. en donde unos sugieren sustituir hasta un 30 % de harina de pescado.

Fagbenro y Jauncey 1993. utilizan 0%. 15% y 30% de ensilaje de aves de corral en sus dietas para alimentar *Clarias gariepinus.* en donde sus resultados indican que se puede sustituir hasta con un 30 % de ensilaje y sustituir parcialmente la harina de pescado sin

encontrar efectos negativos en el crecimiento de este pez. A su vez corroboran que el almacenamiento del ensilaje puede durar hasta por un periodo de 180 días sin comprometer el valor nutrimental. En nuestro caso, el ensilaje utilizado fue de dos semanas por lo que las características nutricias seguramente no se vieron afectadas. Esta es una ventaja importante de los hidrolizados, ya que presentan alta estabilidad por periodos largos de tiempo.

En un estudio realizado por Goncalves *et al.* (1988) estudiaron el uso de ensilaje de sardina para alimentar crías de anguila en donde utilizaron 10, 15 y 20 % en sustitución con respecto a la harina de pescado. Sus resultados muestran que después de 4 meses de experimentación las dietas que contenían ensilaje de pescado presentaron crecimientos significativamente mayores a los obtenidos por las dietas control.

En el presente trabajo se muestra que el ensilaje de pescado de *Pterygoplichthys disjunctivus* puede ser utilizado para el remplazo de la harina de pescado en donde se puede utilizar para la formulación de dietas y aplicarla en la alimentación de tilapia hasta con un remplazo del 60 % de ensilaje. Si bien la composición proximal de las dietas fue distinta, se puede asumir que las dietas con 100% de ensilaje presentaron un valor más bajo de proteína. Es por esto que quizás el bajo crecimiento observado en este tratamiento no pudiera estar dado por el ensilaje en sí, sino por el bajo nivel de proteína. La proteína es uno de los nutrientes más importantes en la dieta, pues contribuye directamente a la formación del tejido muscular para el crecimiento.

En este estudio se utilizaron niveles proteicos de 30(100% ensilaje), 36(60% ensilaje), 46 (30% ensilaje) y 49 % (0% ensilaje) de proteína en donde el mayor peso registrado fue obtenido de la dieta con 49 % de proteína seguido por el tratamiento con el 46%. Esta gran dispersión en el contenido proteico (de 30 a 49%) de las dietas es difícil explicar ya que en la formulación aparente (como se muestra en el cuadro 9.1 composición proximal) se esperaba una mayor similitud entre las dietas. Esta diferencia puede ser explicada única y exclusivamente a causa de un error de pesado en donde después de analizar con detalle, se pudo haber debido a que la harina de pescado se haya proporcionado al doble de lo planeado.

En un estudio realizado por Jover C. *et al.* 1998 se estudió el aprovechamiento nutritivo y crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) juveniles alimentadas con alimentos formulados y extrusados que contenían 29. 34 y 39 % de proteína. en donde se registro el mayor peso medio final con un nivel proteico de 39%. Se sabe que cuando la proteína está dada en mayor cantidad que lo necesario. ésta es utilizada como fuente energética. siendo así más fácil su utilización. lo cual trae como consecuencia un mejor crecimiento aunque con una tasa de conversión proteica desfavorable (proteínas consumida vs crecimiento).

Dentro de este estudio observamos que el contenido proteico va desde el 49.76 ± 1.82 (0% de ensilaje) hasta el 30.41 ± 2.08 (100% de ensilaje). Los lípidos presentan porcentajes que van desde los 7.26 ± 0.31 (0% de ensilaje) a 11.02 ± 0.27 (100%de ensilaje). Se registraron diferencias en la velocidad de crecimiento entre los tratamientos con relación al incremento de ensilaje en las dietas. Los resultados indican que los individuos que registraron una velocidad de crecimiento significativamente mayor fueron los de la dieta con 100 % de Harina de pescado con respecto a los individuos alimentados con 100% ensilaje de pez armado *Pterygoplichthys disjunctivus.* La desigualdad de crecimiento de tilapias alimentadas con 100% de harina de pescado con respecto a las alimentadas con 100% de ensilaje puede relacionarse con diferencias en la composición dietaría como sería el porcentaje de proteína y los niveles de lípidos. Estos resultados coinciden con los reportados por Rueda-López *et al* (2007) quienes contrastan el crecimiento de tilapias *Orechromis niloticus* con diferente grado de inclusión de ensilaje de pez armado (0. 5. 10 y 15%). Por otro lado. el hecho de que el tratamiento con 100% de ensilaje haya tenido un alto porcentaje de ceniza pudo haber influido en un desempeño menor. Se sabe que un exceso en materia mineral no es apropiado para los peces. lo cual apoya la decisión de integrar hasta un 30% el ensilaje.

Por otro lado. se puede considerar que si el ensilaje estaba hecho a base de la piel del pez armado. la composición de amino ácidos no podía ser similar a la un pez completo incluyendo tejido muscular. La piel está conformada principalmente por colágeno. por lo que el perfil de aminoácidos debió ser significativamente diferente. Este aspecto apoya la tesis de que no sólo la cantidad es importante. sino también la calidad de la proteína. Por lo

anterior, se recomienda que en un futuro se analice el crecimiento de tilapias con la misma cantidad de proteína pero de origen diferente (harina de pescado vs ensilaje) para dejar claro si la calidad de la proteína tiene una implicación en el crecimiento de tilapias.

La alimentación posiblemente influyó en las diferencias de la tasa de crecimiento estimadas para tilapia. Durante la presente investigación, se consideró el realizar una medición de consumo para definir la cantidad exacta ingerida y comparar directamente el aprovechamiento de la dieta. Se sabe que la ingestión pueda estar modulada por el contenido energético de las dietas e incluso por el contenido de proteína para satisfacer sus requerimientos. Es así que en éste trabajo se pudo comprobar que de cierta manera la composición proximal se compensó con una mayor ingesta para los tratamientos con mayor cantidad de ensilaje. Es así que los peces del tratamiento con 100% de ensilaje de pez armado presentaron los valores más altos de ingesta 2.07 %, seguido del 30% de ensilaje con valor de 1.52 % mientras que para el tratamiento 60 % ensilaje presentaron valores de ingesta de 1.22 % de su peso y por último el tratamiento con menor ingesta se presento para el tratamiento con 100 % harina de pescado con un valor de 0.88 % de su peso. Cabe mencionar que en este estudio no se llevaron a cabo experimentos de palatabilidad ni digestibilidad. La aceptación de una dieta por los animales es importante, porque así estos la ingieran en cantidades que se traducen en un mayor rendimiento productivo (Ziska, 1990). Existen evidencias de que tanto en teleósteos como en elasmobranquios, un área del lóbulo inferior del hipotálamo, está implicada el control de la alimentación. Esto ya fue sugerido en 1905 por Herrick, quien consideró a esta área como un centro integrador de estímulos químicos y quizá de otra naturaleza, describiendo asimismo algunas proyecciones hacia sistemas motores a través de las cuales podrían mediar respuestas alimentarias.

Un animal tiende a ajustar su ingesta cuantitativa de alimentos a la necesaria para mantener un peso corporal de referencia, puede variable según sexo, edad, estaciones, etc. Parece inmediato que la propia composición del alimento ofrecido influya sobre la cantidad del mismo que el animal ingiere.Sin embargo, existen evidencias que demuestran lo contrario, en donde en un estudio realizado por Lovell (1979) pone de manifiesto, que el nivel proteico dietario tiene poca influencia sobre el nivel de ingesta. Diferencia que quizás se debió al contenido energético. El aprovechamiento de la dieta ofrecida en un cultivo se

mejora notablemente modificando el régimen de suministro de alimento (número de veces al día, intervalo entre comidas) en función de las necesidades energéticas reales del animal (dependientes a su edad, temperatura etc.).

Los factores de variación de la ingesta voluntaria son numerosas y de naturaleza variada. Inducen a respuestas igualmente diversas ya sea por el rechazo del alimento, por interrupción momentánea de la ingesta, por hipofagia o hiperfagia. La autorregulación de la ingesta voluntaria está influenciada entre otras cosas, por factores nutricionales y muy especialmente por la energía alimentaria. Así mismo sigue ritmos con diferentes escalas temporales (J. Guillaume *et al.* 1999).

En la hipótesis del presente trabajo se consideró al hidrolizado del pez armado con una calidad similar o ligeramente inferior a la de la harina de pescado, permitiendo así un positivo desarrollo de tilapia, esto debido a investigaciones que reportan Santana *et al.* (2008) en donde se propone el uso de subproductos pesqueros a base de hidrolizados de pescados para la elaboración de alimentos balanceados.

Por otro lado, la temperatura es también un factor determinante para un buen crecimiento, que si bien todos los tratamientos estuvieron expuestos a las mismas temperaturas, se explica por qué el crecimiento al final del experimento haya sido más lento, tiempo en el que la temperatura fue más baja. Thomas Pompa and Michael Masser (1999) proponen que los niveles óptimos de temperatura estén entre 26 a 30 °C, con un contenido de oxígeno superior a 5ppm, pH de 6 a 9, nitritos y amonio presentando valores no mayores a 0.1pmm. Con base a estos parámetros, dentro de nuestro estudio seguimos un control de dichos parámetros, en donde se muestran que las mediciones de pH, amonio, nitritos, nitratos salinidad, dureza y oxígeno tuvieron un comportamiento similar al recomendado para el cultivo de tilapia, salvo para el caso de la temperatura, como se discutió anteriormente, ya que ésta presentó fluctuaciones de 24.6 °C hasta los 18.3°C en las últimas semanas de experimentación.

Por los resultados observados en este estudio, se sugiere el uso de hidrolizados de pez armado para la realización de alimentos formulados para tilapia en sustitución de la harina de pescado hasta con un remplazo del 30% en la dieta. A su vez se propone la

BIBLIOTECA CIIDIR

realización de estudios más especializados en cuanto a los requerimientos nutricionales de la tilapia y la utilización de hidrolizados de diferentes especies de peces, para así con esto tener un mejor conocimiento nutricional de las especies a cultivar.

10. CONCLUSIÓN

El crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* alimentada con diferentes porcentajes de ensilaje nos muestra diferencias entre los tratamientos, ya que las tilapias alimentadas con 100% ensilaje crecieron significativamente menos que las alimentadas con 100% harina de pescado, las cuales presentaron valores más altos en las tasas de crecimiento seguidas del tratamiento con 30 % y 60 % ensilaje. Con esto nos dimos cuenta que los distintos porcentajes de ensilaje (0%, 30% 60% y 100%) afectan de manera diferencial a las tilapias. A mayor porcentaje de inclusión de ensilaje se observó menor crecimiento en los organismos.

Se confirma la hipótesis de que existe una diferencia en la tasa de crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* debido a que se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Los individuos de talla grande (60.93 ± 0.97 mm) se obtuvieron del tratamiento con 0% ensilaje de pescado y presentaron el crecimiento más rápido (0.46mm/día), al contrario de los individuos del tratamiento 100% ensilaje, que fueron los de talla más pequeña (55.03 ± 2.29 mm) y con la tasa de crecimiento menor (0.39 mm/día). En lo que se refiere al peso, el registro para el tratamiento de 0% ensilaje de pescado fue el mayor (3.95 ± 0.24 gr) con un incremento de 0.042 gr/día y en cuanto al tratamiento 100% de ensilaje fue el menor (2.50 ± 0.26 gr) con un incremento diario de 0.026 gr/día.

En cuanto a la supervivencia se obtuvieron niveles buenos, siendo el 0% de ensilaje de pescado el que obtuvo la mejor supervivencia con un 95.4%, seguida del tratamiento de 60 % ensilaje con 93.58% y el 30% de ensilaje con una supervivencia de 92.2 %. El 100 % de ensilaje fue el que presentó menor porcentaje de supervivencia con 92.0%.

El crecimiento de los peces se vio afectado con el uso de ensilaje en las dietas, en donde el tratamiento con 100% de ensilaje creció significativamente menos en comparación con el tratamiento de 0% ensilaje de pescado, esto posiblemente se dio por la composición química de las dietas.

Con respecto al nivel de inclusión del hidrolizado de pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus)* en dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus,)* podemos sugerir la sustitución de la harina de pescado en un 30 % de ensilado ya que no se presentan diferencias

significativamente importantes en crecimiento. Una alternativa para el aprovechamiento del pez armado puede ser la elaboración de ensilado para la formulación de alimentos balanceados para tilapia.

El uso de ensilajes de pez armado podría ser una alternativa dentro de la zona donde se genera este recurso, ya que representaría un menor impacto ambiental al fomentar su captura y utilización. Debido a su fácil elaboración podría ser una alternativa para que se realizara entre los pescadores aledaños. Se logra tener cultivos de tilapia de buena calidad utilizando un subproducto que generalmente constituyen un factor de competencia entre las especies del embalse.

En general, los subproductos del sector pesquero, hasta el momento, representan una alternativa de proteína de bajo costo en la elaboración de alimento balanceado para peces (tilapia). A su vez se logra mermar el impacto social que representa a la población, al poder dar un uso a la especie invasora y así poder generar una actividad redituable.

11. RECOMENDACIÓN

- Encontrar la mejor manera de triturar los desechos ya que la piel tan dura del pez armado hace que se dificulte su manejo.
- De llegar a agregarse hasta un 60% de ensilaje se deberá de encontrar la manera de secar el ensilaje.
- Si el porcentaje indicado es el 30% del ensilaje de pescado, entonces habría que hacer un estudio detallado sobre el contenido de aminoácidos.
- Con el fin de llevar a cabo la transferencia tecnológica a zonas rurales deberá de implementarse una metodología segura para la enseñanza de cómo adicionar los ácidos, evitando riesgos de quemaduras e intoxicación.

LITERATURA CONSULTADA

AOAC. 1990. Official methods of Analysis of AOAC. vol. 1. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA. USA.

Bello. R. 1994. Experiencia con ensilado de pescado en Venezuela. En: Taller "Tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería". FAO. La Habana. Cuba. http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/ APH134/cap1.htm.

Berenz. Z. 1994. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. En: Taller "Tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería". FAO. La Habana. Cuba. http://www.fao.org/ag/aga/agap/ frg/APH134/cap2.htm. 1994.

Bermúdez. E.J.. Rodríguez. H.J.. Ocampo. A. y Peñuela. L. 1999. Ensilaje de viseras de pescado Cachama blanca (*Piaractus brachyponum)* como fuente de proteína para la alimentación de cerdos de engorde en una dieta con aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis-Elaeis oleífera)* universidad de los llanos. Colombia.

Blygh. E.G y Dyer. W.J. 1959 A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J. Biochem.Physiol. 37: 911-917.

Cervantes. A. 1979. Ensilaje y harina de pescado en la ceba de cerdos en forma de torta. Instituto de Investigaciones Porcinas. Ministerio de Agricultura. Cuba. 75p.

Cho. C.Y.. Cowey. C.B.. Dabrowski. K.. Hughes. S.. Lall S.. Lovell.|R.T.. Murai. T. and Wilson. R.P. 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press. Washington. DC. USA. 116 p. http://www.nap.edu/

Comité de pesca. Subcomité sobre comercio pesquero. octava reunión. Bremen. Alemania. 12-16 febrero 2002. Inocuidad y comercio de la harina de pescado. http://www.fao.org/index_es.htm

Domínguez. M.. Takemura A.. Tsuchiya. M. y Nakamura. S. 2004. Impact of different environmental factor son the circulating immunoglobulin level in the Nile tilapia. *Oreochromis niloticus*. Aquaculture. 491-500 p.

Domínguez. P. L. 1994. Utilización de desperdicios procesados y otros subproductos industriales y de la pesca en la alimentación porcina en Cuba. En: Taller "Tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería. FAO. Instituto de Investigaciones de La Habana.Cuba. 53-69 p.

http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/APH134/cap11.htm

FAO. 2007. Informe Sofía. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2006. Depto. de pesca y acuicultura FAO. http://www.fao.org/index_es.htm.

Figueroa. V. 1996. Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes. Fundación CIPAV. Cali. Colombia. 32-66 p.

González, D., Córdoba. J., Indorf. F. y Buitrago E. 2007. Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado. Rev. Cient. (Maracaibo). Vol.17. no.2. p.166-172.

Hassard. S.D. y Tacon. A.G.J. 2003 FAO. Orientaciones técnicas para la pesca responsable. Desarrollo de la acuicultura. procedimientos idóneos para la fabricación de alimentos para la acuicultura. No 5. supl. 1. Roma. FAO. 49 pp.

Hepher. B., Martínez. R.P., Salas. O.A. (1993). Nutrición de peces comerciales en estanques. Ed. Limusa. México.406 pp.

Jover. C.M., Igualdad. P.L., Zaragoza. L. y Carnoma. F.J. 1998. Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. Dep. de ciencia animal. Universidad Politécnica. Valencia. España. Pp. 10

Linnaeus. (1758) Froese. R. y Pauly D. Editors.2009.FishBase. World Wide Web electronic publication.www.fishbase.org

Lichini., L. y Huidobro.,P.S. 2008. Perspectivas en acuicultura: Nivel mundial. regional y local. Dirección de acuicultura. Secretaría de pesca y acuicultura. SAGP y A. 99 pp.

Lopez. ML., Viana. MT. 1995. Determinación del alimento elaborado con ensilajes de pescado crudo y cocido. para abulones juveniles de *Haliotis fulgens*. Ciencias Marinas. Vol.21. núm. 3. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada. México. P. 331-342.

Llanes. I. E. J., Toledo., P.J., Lazo de la Vega. M.J. 2006. Producción de alimento húmedo a partir de ensilados por pescado para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). Aquatic No. 25. p. 16-21. Habana. Cuba.

Machin. H.D. 1986. El uso potencial del ensilaje para la producción animal en la zona tropical. especialmente como una opción para los pequeños campesinos. Chippenham. Wiltshire. England.

Mendoza. R., Contreras. S., Ramírez. C., Koleff. P., Álvarez. P., y Aguilar. V. (2007) Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. Biodiversitas. núm., 70. p. 2-5.

Parin. M. y Zugarramurdi. A. 1994. Aspectos económicos del procesamiento y uso de ensilados de pescado. En: Taller "Tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería". FAO. La Habana. Cuba. http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/APH134/cap4.htm.

Perez. R. 1995. Fish silage for feeding livestock. *World Animal Rev.*, **82**: 34-42.

Petrovna. G.. Santerre. A.. Casas. J.. Peregrina. J.. León. R. 2006. Tilapia. Aspectos biológicos y productivos. Universidad de Guadalajara. Ed. Ayder. México. 150 pp.

Pompa. T. and Masser. M. 1999. Tilapia life history and biology. Southern Regional Aquaculture Center. Publication No.283.

Rueda-López. S.. Viana. M.T.. Badillo. D.. Huerta. A.. Martinez. C.A.. y Correa. G. 2007. Sustainable and economic fish production in a backyard system for rural areas. Enviado a Animal feed Science and Technology.15p.

Ridha. T. 2004. Observations on the reproductive performance of three mouth brooding tilapia species in low salinity underground water. Aquaculture Research. 35.1031-1038 p.

Rakocy. J. E. FAO. |2008-2009. Programa de información de especies acuáticas. en: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Roma. 18 Febrero 2005. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es

Santana- Delgado. H.. Ávila E.. Sotelo. A. 2008. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. Animal feed science and technology. 129-140 p.

Spinelli. J. 1980. Unconventional feed ingredients for fish feed. In fish feed and feeding in developing countries. An interim report on the aquaculture development and coordination programme. ed. K Chow. FAO. Rome. pp 187-214.

Tibbetts. G.. Seerley. R. W.. McCampell. H. C. y Verzey. S. A. (1981) An evaluation of an ensiled waste fish product in swine diets. Journal of Animal Science. 52:93-100.

Timmons. M.B.: J.M. Ebeling: F.W. Wheaton: S.T. Summerfelt and B.J. Vinci. 2001. Recirculation Aquaculture Systems. Northeastern Regional Aquaculture Center. Publication No. 01-002. USA. 646 pp.

Toledo. P.J.. Botello. L.. y Llanes. I. 2007. Evaluación del ensilado químico de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell.1822). Redvet: vol. VIII N°9.

Triola. F.M. 2000. Estadística elemental. Séptima edición. Ed. Pearson Educación. 824 pp.

Weber. C. 1991. Révision du genere *Pterygoplichthys sensu lato* (Pisces. Siluriformes. Loricariidae). Revue Francaise d'Aquariologie. 19:1-36.

Windsor. M. y Barlow. S. 1982. Introduction for fishery by products. Fishing News Book Ltda. P. 84-100.

Zar. H.J. 1984. Biostatistical Analysis. Ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. USA. 718 pp.

Ziska. B. 1990. Evaluación del ensilaje de residuos de pescado en pollos. Instituto tecnológico del Perú. Callao. Perú.