

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

---

**FACULTAD DE BIOLOGÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**Determinación del requerimiento de proteína en juveniles de  
*Menidia estor* Jordan 1879 (Pisces: Atherinopsidae),  
alimentados *ad Libitum*.**

**Tesis**

Que como requisito para obtener el grado de

**MAESTRA EN CIENCIAS**

en Conservación y Manejo de Recursos Naturales

Presenta:

**LIDIA AMBRIZ CERVANTES**

Director de tesis

Dr. Carlos Antonio Martínez Palacios

Morelia, Michoacán, mayo del 2007.

## RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar el requerimiento de proteína de juveniles de (*Menidia estor*), para lo cual se elaboraron siete dietas isocalóricas (478.57 Kcal /100 g) con diferentes concentraciones de proteína (25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50% y 55%) con una presentación en hojuelas, utilizando como fuentes de proteína filete de jurel (*Caranx* sp.), filete de huachinango (*Lutjanus* sp.) calamar (*Loligo* sp.) y gónada de atún (*Thunnus* sp.) se empleó un lote de organismos de cuatro meses de edad, de un peso promedio de  $69.24 \pm 5.03$  mg, en un sistema cerrado de recirculación, con las condiciones fisicoquímicas homogéneas ( $24.89 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  de temperatura y  $6.31 \pm 0.24\text{g/L}$  de salinidad) los organismos se alimentaron, *ad libitum* con partículas de 250  $\mu$ , cinco veces diarias (horas luz), durante 8 semanas. El mejor crecimiento y supervivencia se obtuvo con las dietas D40%, D45% 50%. La tasa específica de crecimiento y el alimento consumido individual tuvo la mejor respuesta para estos tratamientos. No se observó diferencia significativa para la tasa de conversión alimenticia entre los peces alimentados con todas las dietas. La ganancia de peso individual y el nivel de proteína se analizaron mediante la técnica de “punto de inflexión” de Zeitoun *et al* (1976) mostrando un requerimiento de proteína del 42%, para los juveniles de *Menidia estor*.

## ABSTRACT

A study was conducted in order to determine the protein requirements of juvenile Mexican silverside (*Menidia estor*). Seven isoenergetic diets (478.57 Kcal/100) with dietary protein levels of 25, 30, 35, 40, 45, 50 y 55% were prepared as flakes using jack (*Caranx* sp.) and red snapper (*Lutjanus* sp.) fillets, tuna (*Thunnus* sp.) ovaries and California squid (*Loligo* sp.) as protein sources, and their effects on growth, survival and feed utilization of juvenile *Menidia estor* 69.24 ± 5.03 mg initial weight were evaluated. Fish were fed by hand to apparent satiation, five times a day, for eight weeks. Best growth and survival were obtained with diets between 40,45 y 55% protein. Specific growth rate, feed intake were also highest for these treatments. There were no significant differences in food conversion ratio between fish fed all the diets. Broken-line analysis of individual weight gain against protein level showed a protein requirement of 42% for juvenile of *Menidia estor*.

# ÍNDICE

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN.</b>	5
<b>II. OBJETIVOS.</b>	15
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	16
3.1. Dietas experimentales.	16
3.2. Diseño y sistema experimental.	20
3.3. Protocolo experimental.	20
3.4. Calidad del agua.	22
3.5. Análisis químicos.	23
3.5.1. Humedad.	23
3.5.2. Proteína cruda.	23
3.5.3. Extracto etéreo.	24
3.5.4. Ceniza.	24
3.5.5. Extracto libre de nitrógeno.	25
3.6. Evaluación de crecimiento.	25
3.7. Evaluación de eficiencia alimenticia.	26
3.8. Evaluación de eficiencia proteica.	27
3.9. Evaluación de supervivencia.	28
3.10. Análisis de datos.	29
3.10.1. Técnica de punto de inflexión.	29
<b>IV. RESULTADOS.</b>	30
4.1. Parámetros Físicoquímicos.	30
4.2. Comportamiento de los peces.	30
4.3. Supervivencia.	31
4.4. Crecimiento.	33
4.5. Conversión alimenticia.	36
4.6. Biomasa corporal diaria.	37
4.7. Composición del cuerpo de los peces.	38
4.8. Requerimiento de proteína.	39

<b>V. DISCUSIÓN.</b>	40
<b>VI. CONCLUSIONES.</b>	49
<b>LITERATURA CITADA.</b>	50

## LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
1. Sistema de recirculación.	21
2. Supervivencia de <i>Menidia estor</i> .	31
3. Crecimiento de <i>Menidia estor</i> .(mg.)	33
4. Ganancia de peso individual (mg/día) de <i>Menidia estor</i> .	34
5. Tasa específica de crecimiento de <i>Menidia estor</i> .	35
6. Tasa de conversión alimenticia de <i>Menidia estor</i> .	36
7. Requerimiento de proteína..	39

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Análisis bromatológico de los ingredientes utilizados como fuente de proteína.	16
2. Formulación de dietas experimentales.	17
3. Análisis bromatológico de las dietas experimentales.	19
4. Parámetros fisicoquímicos y resultados de calidad de agua durante el experimento.	30
5. Crecimiento y eficiencia de utilización del alimento durante el experimento.	32
6. Valores de biomasa corporal diaria.	37
7. Composición del cuerpo de los peces.	38
8. Requerimientos cuantitativos de proteína para diferentes especies de peces.	40

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi mayor agradecimiento a la Comisión Revisora integrada por los maestros: M. C. Virginia Segura García, M. C. Tohtli Zubieta Rojas, Dr. Carlos Antonio Martínez Palacios, M. C. María del Rosario Ortega Murillo y M. C. María Gisela Ríos Durán.

Un agradecimiento especial a mi familia.

A mis compañeros y amigos.

Que yo, Señora, nací  
en la América abundante,  
compatriota del oro,  
paisana de los metales;

adonde el común sustento  
se da casi tan de balde,  
que en ninguna parte más  
se ostenta la tierra, madre.

Juana de Asbaje

## I. INTRODUCCIÓN.

La cuenca del lago de Pátzcuaro se encuentra localizada en la parte occidental de la República Mexicana y forma parte del Arco Volcánico que cruza el centro del país. Es una de las regiones más notables de México por su importancia ecológica, social y arquitectónica, además de que fue asiento del antiguo imperio P'urhépecha. Aproximadamente un 17 % son herederos directos de aquella civilización y últimos representantes de las culturas lacustres de la antigua mesoamérica.

Actualmente las principales actividades económicas en la región son: servicios turísticos, comercio, artesanías, muebles, ganadería, frutales, agricultura y pesca. En general con muy poca densidad económica, tecnológica y de mercado. Esto se refleja en que el 78 % de la población económicamente activa recibe menos de tres salarios mínimos, condición socioeconómica que se considera de pobreza. El lago de Pátzcuaro es uno de los últimos reductos de los 25 lagos que existieron en la región central de México, espacios donde florecieron algunas de las culturas antiguas más importantes de nuestro país.

La flota de pesca en el lago está conformada por un número de pequeñas embarcaciones que utilizan artes de pesca de tipo artesanal. La fauna de peces del lago está constituida por 14 especies, de las cuales 10 son nativas y 4 se han introducido para su explotación. Antes de la introducción de especies exóticas existía la predominancia del pez blanco en el lago, no obstante, al incluir a la lobina negra (*Micropterus salmoides*) se creó una competencia entre estas dos especies lo que hizo que la población de pez blanco disminuyera notablemente. Actualmente el número de pescadores registrados es de 815, originarios de 24 comunidades ribereñas e isleñas integradas en 29 uniones de pescadores y una sociedad cooperativa. Un factor grave del deterioro del recurso ha sido el uso tolerante de artes de pesca no selectivas de arrastre y algunas redes agalleras de luz muy cerrada que arrasan con crías muy pequeñas y sin valor comercial.

La intensidad de la pesca en el lago llegó a incrementarse considerablemente, ya que en la década pasada el volumen total capturado aumentó más de siete veces. Ahora ha bajado

y el volumen del producto por pescador ha disminuido a 150 kilos de pescado al año, que no puede ser una base económica suficiente. El empobrecimiento del recurso pesquero aunado a las condiciones ecológicas del lago ha hecho que esta actividad se torne poco rentable y de consecuencias biológicas muy riesgosas para la permanencia y estabilidad del lago y de sus pobladores. (Comité Técnico de Pátzcuaro, 1997)

Desde la época prehispánica el pez blanco de Pátzcuaro (*Menidia estor*) ha sido una parte importante en la economía de sus pobladores, ya que en ese tiempo, como en la época colonial, los pueblos del lago continuaron pagando parte de su tributo en pescado a sus gobernantes de Pátzcuaro, mismo que recogía el mayordomo del lago. Durante el período colonial las variedades más importantes fueron (Kurucha urápiti) ó pescado blanco, Acúmaras (Akúmara, K'uerépu) ó pescadillo menudo blanco y Tiros (T'iru). En este aspecto la situación no ha cambiado, ya que el pez blanco de Pátzcuaro continua siendo una especie que satisface necesidades alimenticias, además de ser un importante instrumento de comercio, existiendo una dependencia económica casi exclusiva de su pesquería, causa que ha desatado en los últimos tiempos diversos problemas sociales en la región. (Florescano, 1989)

El pez blanco (*Menidia estor*), es una especie endémica del lago de Pátzcuaro, pertenece a la familia Atherinopsidae (Dyer y Chernoff, 1996), la cual tiene entre 150 y 160 especies en su mayoría marinos y estuarinos.

Segura (1997), estudió aspectos de la ecología reproductiva de *Chirostoma estor estor* y determinó que los cambios de calidad de agua en el lago han afectado la reproducción de esta especie, concluyendo que la temporada de reproducción es de enero a junio con dos máximos reproductivos, uno en enero y otro en mayo. Además encontró que el mínimo de óvulos en una hembra de 24 g fue de 950 y el máximo de óvulos en una hembra de 340 g fue de 9,250 con un promedio general de 4,669 óvulos maduros. Para hembras, la talla mínima reproductiva encontrada fue de 164 mm y la máxima de 300 milímetros.

Los huevecillos de *Menidia estor* tienen un adecuado desarrollo con una salinidad de 10 g/L, sin embargo la eclosión no es eficiente, si la salinidad no se reduce a 5 g/L antes de la eclosión. Las larvas recién eclosionadas, miden en promedio 5 mm de longitud. Poseen un

saco vitelino con gotas de aceite, diferente a otras especies dulceacuícolas. El mejor crecimiento y supervivencia se lleva a cabo en salinidades de 10 a 15 g/L y a una temperatura de 24.9°C (Martínez-Palacios *et al.*, 2004).

*Menidia estor* tiene, una boca pequeña terminal con dientes mandibulares pequeños unicúspides, estructuras faríngeas con dientes faríngeos agudos unicúspides, así como dientes y branquiespinas ornamentados con haces de pequeños dientes diseñados para filtrar pequeñas partículas desde edades muy tempranas, que se convierte en un sistema complejo de filtración zoo-planctófago cuando es juvenil y adulto, lo cual no invalida a la especie a incluir dentro de su dieta astácidos de tamaño mediano y peces cuando alcanza las tallas adultas (Ross *et al.*, 2006).

En relación al tracto digestivo de *Menidia estor*, se ha reportado que el intestino de juveniles y adultos tiene una proporción de 1:0.7, característica de un carnívoro, sin embargo esta especie no posee un verdadero estómago. (Ross *et al.*, 2006). Esto se ve confirmado a lo largo del tracto digestivo del pez blanco adulto el pH se mantiene en 6.5 en la sección anterior y 8 en la parte media y posterior de este. Las enzimas digestivas de tipo tripsina (actividad alcalina) son detectadas con una mayor actividad a lo largo del intestino., lo que pone en evidencia que esta última sea la proteasa de mayor importancia durante la digestión de esta especie. (Graham, 2001).

Se ha intentado cultivar el pez blanco en jaulas flotantes dentro del lago de Pátzcuaro, obteniendo las larvas por fertilización artificial y realizando la incubación y alevinaje dentro de las jaulas. Si bien este sistema ofrece ventajas para el cultivo, no las proporciona sobre factores ambientales fisicoquímicos y biológicos, lo que repercute en una baja supervivencia y producción de larvas. Rojas y Mares (1988) realizaron cultivos en jaulas de nylon de 1m<sup>3</sup> dentro del lago, reportando tallas desde los 2.7 a 4.5 cm., de longitud a los tres meses de edad, pero con muy baja supervivencia.

Debido a la gran importancia económica, sociocultural y biológica que representa el pez blanco de Pátzcuaro, un grupo de investigadores del Instituto de Investigaciones sobre los

Recursos Naturales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (INIRENA-UMSNH), ha realizado investigaciones que han permitido llevar a cabo el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro fuera de su hábitat natural, en sistemas de cultivo cerrados como una alternativa, tanto para recuperar poblaciones, como para crear fuentes de ingresos para los pobladores de la zona. Para implementar el cultivo del pez blanco se requiere estudiar y conocer sus requerimientos nutricionales para elaborar alimentos balanceados de óptima calidad que sustituyan el alimento vivo reduciendo la infraestructura en cuanto a espacios, mano de obra y costos de producción.

La primera etapa y a su vez, la más crítica en el cultivo de peces es lograr la obtención masiva de larvas y juveniles con baja mortalidad y adecuado crecimiento. El período de transición entre la reabsorción del saco vitelino y la primera alimentación de las larvas de peces es crucial (Watanabe y Kiron, 1994), pues frecuentemente se presentan altas mortalidades que son el resultado de una alimentación inadecuada. ( Jones y Houde, 1986 ). El pez blanco, hasta hace unos años no era la excepción, pues al igual que en el caso de los peces marinos se presentaba baja supervivencia en las etapas tempranas de desarrollo.

En el caso del pez blanco, en el Laboratorio de Nutrición y Acuicultura de la UMSNH, se proporciona como primera alimentación el rotífero *Brachionus plicatilis* durante los primeros 15 días de edad (después de la eclosión), a partir de los cuales se proporcionan nauplios de *Artemia franciscana* recién eclosionados hasta los 30 días, para después ofrecerles alimento artificial, en hojuelas.

*Menidia estor* tiene una gran electividad en el tamaño del alimento a consumir, partículas semejantes a la medida de la boca o más grandes son totalmente rechazadas. Esta especie no es voraz cuando empieza a consumir alimento artificial y empieza a serlo hasta que han pasado varias semanas de ofrecerlo, además el alimento debe mantenerse el mayor tiempo posible en la superficie o sedimentarse lentamente debido a que los peces no toman el alimento del fondo; de igual forma es necesario ofrecer el alimento con una alta periodicidad para que se encuentre disponible, debido a que tiene poca capacidad de almacenamiento en el

tracto digestivo, por que carece de un estómago y posee un corto intestino, hecho que lo convierte necesariamente en un consumidor frecuente. (Martínez- Palacios *et al.*, 2002)

En cuanto a ensayos de alimentación con pez blanco *Menidia estor* Rosas-Moreno (1970) fue el primero en aportar datos sobre el cultivo de pez blanco y otras especies de *Chirostoma*. Dividió el cultivo en 4 fases artificiales, con la finalidad de suministrarles una dieta adecuada a las crías de acuerdo a su tamaño. Durante la primera etapa representada de la absorción del saco vitelino, a los 45 días de edad fueron alimentados con protozoarios. En la segunda etapa, hasta llegar a los 90 días de edad se alimentaron con zooplankton constituido principalmente por cladóceros y copépodos. En la tercera etapa, se les alimentó con cladóceros o larvas de mosco, hasta llegar a los 180 días de vida. En el cuarto estadio, su principal alimento fue anfipodos e isópodos hasta los 300 días de edad, alcanzando una longitud de 97 mm. Después de esta edad, su alimento lo constituyeron las crías de charal.

Posteriormente, Armijo y Sasso (1976) cultivaron crías de charal y pez blanco en acuarios, con diferentes dietas: levadura y yema de huevo cocida, con supervivencia de 55% hasta el doceavo día. A partir de este momento eran alimentados con cladóceros, obteniendo mortalidades de larvas, del día 25 al 27, del 95%. Utilizaron yema de huevo cruda que no fue consumida, los protozoarios y el agua fertilizada acidificaron el medio. Finalmente obtuvieron una supervivencia de 5% y crecimientos de 86 mm de longitud, en 210 días de edad.

Rojas y Mares (1988) incubaron y eclosionaron larvas de pez blanco, a una temperatura de 22°C, con una densidad de 2,748 y 4,279 huevos incubados, obteniendo porcentajes de eclosión de 3.31 al 38.27. Las larvas eclosionadas se alimentaron con leche en polvo y yema de huevo, manteniéndose solo 15 días.

Forcada-Arens (2002) realizó un experimento de tres tratamientos diferentes de alimentación comparando el crecimiento y supervivencia de los organismos cuando se les alimentaba con *Artemia salina*, hojuela experimental con 52% de proteína y hojuela comercial. Los organismos se alimentaron del día 25 al 65 de edad obteniendo una

supervivencia del 97 % para los alimentados con *Artemia franciscana*; del 75% de supervivencia con la hojuela experimental con un 52% de proteína y 38% de supervivencia con la hojuela comercial.

Conocer los requerimientos nutricionales del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*, es fundamental para elaborar el alimento artificial adecuado con el cual se pueda alcanzar el desarrollo y crecimiento óptimo de los peces sin elevar los costos de producción. Rosas (1976) menciona que es incosteable mantener el pez blanco, por ser un pez zooplantófago filtrador, por el gasto que implica la producción del alimento vivo. Razón por la cual es inaplazable conocer los requerimientos nutricionales para elaborar alimento de acuerdo a sus necesidades, obteniendo rendimientos a bajo costo.

Los alimentos balanceados deben ser formulados para satisfacer los requerimientos nutricionales de los organismos con el fin de que se obtenga el rendimiento esperado. Estos requerimientos varían según la especie, el estado de desarrollo y fisiológico en el que se encuentre el pez, lo que significa que cada especie presenta diferentes necesidades de nutrientes según el medio en que vive y posición de la cadena trófica, así mismo, las necesidades también son variables, observándose en los primeros estadios un mayor requerimiento de proteína, para sostener la alta tasa de crecimiento que se presenta en crías y juveniles. Finalmente el estado fisiológico del organismo va a modificar sus necesidades nutricionales, ya sea por la tasa de crecimiento o encontrarse en reproducción, sometido a estrés constante por enfermedades o medio ambiente adverso (Olvera *et al.*, 1996).

Los estudios sobre requerimientos nutricionales son muy importantes, debido a que la alimentación representa entre el 50% y 70% de los gastos de operación en la acuicultura (El-Sayed y Abdel-Fattah, 1999). Un aspecto importante en nutrición del pez blanco de Pátzcuaro es conocer su requerimiento proteico en la etapa juvenil porque en esta etapa de desarrollo tienen una mayor demanda de proteína, además de ser el nutriente mas costoso en la dieta (Sena *et al.*, 1991).

Se han realizado investigaciones acerca de los requerimientos de proteína en diversas especies de peces utilizando diferentes fuentes proteicas, por ejemplo la harina de pescado café, utilizada en diferentes dietas (Tacon y Cowey, 1985).

La importancia que tienen las proteínas, está implícita en su nombre, que proviene de la palabra griega proteios que significa “de primera clase”. El nombre fue propuesto por Berzelius en 1838 para resaltar la importancia de estas moléculas. (Lubert Stryer, 1995). La proteína es el componente básico de los tejidos animales, representa entre el 50% ó 70% del peso seco del organismo y por ello esencial para el mantenimiento, para reponer tejidos desgastados, constituir enzimas, hormonas y desde luego en la síntesis de nuevos tejidos. La capacidad del pez para sintetizarla es limitada, porque debe obtenerla del alimento (Hepher, 1993).

Las proteínas son compuestos químicos orgánicos formados por cadenas de aminoácidos, cada secuencia de aminoácidos determina el tipo de proteína su estructura y función en el cuerpo. Aquellos aminoácidos que no pueden ser sintetizados por el organismo, son considerados como esenciales, en caso de que estos aminoácidos sean deficientes en la dieta son limitantes para la síntesis de nuevas proteínas. Por lo tanto deben ser proporcionadas en ella. Pueden satisfacer sus requerimientos variando su consumo o se modifican dependiendo del contenido energético del alimento, la tasa de alimentación y la disponibilidad de alimento. (Webster y Lim, 2002).

Los peces presentan requerimientos proteicos más altos que otros organismos, debido a que utilizan la proteína como fuente energética, además de tener necesidades elevadas de aminoácidos esenciales; así algunos peces obtienen casi la mitad de la dieta en forma de proteína, la cual es utilizada como fuente de aminoácidos hasta un cierto nivel y el resto se emplea como energía. Los peces, más que obtener un nivel determinado de proteína, necesitan una mezcla de aminoácidos esenciales y no esenciales adecuadamente balanceada; el requerimiento está influido por el balance proteína-energía en la dieta, la composición de aminoácidos y la digestibilidad de la proteína, así como la cantidad de energía no proteica. El

exceso de energía limita el consumo de alimento ya que los peces comen para satisfacer en primer término sus necesidades de energía (Cowey, 1994).

Las necesidades energéticas de los peces son diferentes a las de los animales terrestres, por que no requieren gastar energía para mantener una temperatura constante, por su flotabilidad gastan poca energía para mantener la posición del cuerpo en la columna de agua, excretan amoniaco como principal catabolito del metabolismo nitrogenado, siendo este el compuesto mas simple entre los productos de excreción, atraviesa con facilidad la membrana branquial y el costo energético de su excreción es mínimo (Tacon y Cowey, 1985; Hepher, 1993).

Los experimentos para determinar el requerimiento de proteína en las diferentes especies se realizan siguiendo métodos similares donde los parámetros medioambientales son controlados, se elaboran dietas isocalóricas con diferentes porcentajes de proteína uniformizando todos los aspectos que puedan tener alguna influencia sobre el resultado y tomando en cuenta que la provisión de un balance óptimo de componentes energéticos y proteicos de la dieta es importante, dado que un exceso o deficiencia de energía no proteica, en forma de lípidos o carbohidratos, puede provocar un retraso en la tasa de crecimiento (Tacon y Cowey, 1985).

Exponiendo ejemplos de experimentos realizados por algunos investigadores, con los siguientes resultados: Jauncey (1982), analizó el efecto de la variación del nivel de proteína en la dieta sobre el crecimiento, conversión alimenticia y composición del cuerpo de juveniles de Tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). Elaboró 8 dietas isocalóricas, utilizando como fuente de proteína filete blanco de pescado, con niveles de proteína con un porcentaje de 0% a 56% e incrementos del 8%; obtuvo la mayor tasa específica de crecimiento (% día) con el nivel de proteína del 40%. Observando que la conversión alimenticia decrece con los incrementos en el nivel de proteína de la dieta y corroborando que los niveles de proteína poco afectan el análisis proximal del cuerpo de los peces.

Sena *et al.*, (1989) realizaron un estudio para establecer la dieta más económica en cuanto a contenido de proteína para el cultivo de juveniles, de 4 especies de Tilapia

*Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *O. aureus* y *Tilapia zilli*. Probaron dietas isocalóricas con un contenido de proteína cuyo intervalo fue del 12 a 44% mostrando un requerimiento aceptable del 28%, sin embargo con el 34% se reporta un máximo crecimiento. Posteriormente en 1991, los mismos autores realizaron un experimento, en el cual, durante 12 semanas alimentaron juveniles de tilapia roja, un híbrido de (*Oreochromis mossambicus* y *O. niloticus*) con tres series de dietas isocalóricas. Se emplearon 3 niveles de proteína del 15%, 20% y 30% y cada uno con tres niveles de lípidos diferentes 6%, 12%, 18% y 24%. Obtuvieron un buen crecimiento con los tres niveles de proteína y con un contenido de lípidos del 18%.

Olvera-Novoa *et al.*, (1996) determinaron el requerimiento de proteína para *Cichlasoma synspilum*. Se realizó un ensayo de 12 semanas, con 6 dietas isocalóricas de un contenido de proteína del 30 a 55%, con incrementos del 5% y harina de pescado café como fuente de proteína, alimentados a una tasa de 6% de su peso corporal, utilizando peces de 45 días de edad, con un peso promedio de 280 mg mantenidos en un sistema de recirculación a una temperatura de 28 °C. Obtuvieron que el requerimiento para *Cichlasoma synspilum* es de 40.81% de proteína dietética

Hualde y Torres., (2004) probaron dietas acuícolas comerciales y formulaciones experimentales, como alimento para el pejerrey patagónico *Odontesthes hatcheri* para evaluar el crecimiento, utilización de nutrientes y composición química. La D1: alimento comercial para trucha arcoiris; D2: alimento comercial para peces subtropicales; D3: alimento comercial para ranas; D4: alimento experimental con 40% de proteína y D5: alimento experimental con 45% de proteína. En los alimentos experimentales se utilizó como fuente de proteína harina de pescado, harina de sangre y harina de soya y un alimento japonés como control. El experimento tuvo una duración de 46 días, obteniendo el mejor crecimiento con el alimento experimental de 45% de proteína. Sin embargo este diseño al usar diferentes formulaciones con diferentes niveles energéticos, dosis diferentes de vitaminas y minerales y proporciones diferentes de ácidos grasos, no permite reconocer si el dato obtenido, es debido al porcentaje de proteína usado.

El presente estudio se propuso a partir de la necesidad de conocer los requerimientos nutricionales del pez blanco en sus diferentes etapas de desarrollo, especialmente cuando son juveniles. Determinar el requerimiento de proteína es de gran importancia en esta etapa de la vida del pez blanco, lo cual tiene una aplicación directa en el cultivo exitoso de la especie.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL.

- Determinar el requerimiento proteico en juveniles de *Menidia estor* (Jordan, 1879) bajo una estrategia de alimentación *ad libitum*.

### 2.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

- Determinar el requerimiento proteico, para optimizar el crecimiento y la supervivencia de juveniles de *Menidia estor*, alimentados con diferentes porcentajes de proteína en el alimento.
- Evaluar la eficiencia alimenticia en los juveniles alimentados con los diferentes porcentajes de proteína.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el requerimiento de proteína dietética de los juveniles de pez blanco se realizó un experimento en el Laboratorio de Nutrición y Acuicultura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Michoacán. El experimento consistió en elaborar dietas con diferentes niveles de proteína y alimentar juveniles de pez blanco (*Menidia estor*) para evaluar su crecimiento, supervivencia y eficiencia alimenticia.

#### 3.1. DIETAS EXPERIMENTALES.

Se elaboraron 7 dietas isocalóricas (478.57 kcal/100 g) con diferentes porcentajes de proteína de 25 a 55%, con incrementos del 5%, usando filete de Jurel (*Caranx* sp.), filete de Huachinango (*Lutjanus* sp.), Calamar (*Loligo* sp.) y Gónada de Atún (*Thunus* sp.) frescos como fuente de proteína. Previo a la elaboración de las dietas se realizaron análisis bromatológicos de estos ingredientes (humedad, extracto etéreo (lípidos), proteína, ceniza y extracto libre de nitrógeno) (tabla 1). En la tabla 2 se muestra la formulación de las dietas elaboradas.

**Tabla 1.-**Análisis bromatológico de los ingredientes utilizados como fuentes de proteína, en la elaboración de las dietas experimentales.

<b>Ingrediente</b>	<b>Humedad (g/100g)</b>	<b>Proteína (g/100g)</b>	<b>Lípidos (g/100g)</b>	<b>Ceniza (g/100g)</b>	<b>ELN* (g/100g)</b>
Filete de huachinango	74.76	20.84	3.85	1.25	0.00
Filete de jurel	76.24	21.62	0.48	1.30	0.16
Gónada de atún	71.73	21.26	4.95	1.66	0.36
Calamar	85.14	12.46	0.82	0.95	0.61

\*ELN: Extracto libre de nitrógeno

**Tabla 2.** Formulación de las dietas experimentales con diferentes porcentajes de proteína.

Ingrediente	Composición (g/100g)						
	D25%	D30%	D35%	D40%	D45%	D50%	D55%
Filete de jurel	7.63	11.78	18.32	23.56	28.96	33.81	39.59
Filete de huachinango	7.57	7.99	7.63	7.75	7.63	7.87	7.99
Calamar	7.45	7.87	7.51	7.63	7.51	7.75	7.87
Gónada atún	7.31	7.98	7.45	7.45	7.98	7.98	7.31
Aceite de pescado	5.69	5.04	4.21	3.58	2.79	2.10	1.27
Aceite de maíz	5.30	4.66	4.02	3.52	2.77	2.17	1.58
Almidón crudo	49.54	45.18	41.36	37.01	33.07	28.89	24.5
Premezcla mineral	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Premezcla vitaminas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Colina	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Vitamina C	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Alginato de sodio	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Oxido de cromo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
BHT (conservador)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
TOTALES	100.38	100.39	100.37	100.39	100.60	100.46	100.00

Las variaciones en el nivel de proteína de las dietas se lograron modificando las cantidades de lípidos y almidón, con el fin de obtener dietas isocalóricas.

Las premezclas de vitaminas y minerales utilizadas en la elaboración de las dietas experimentales, fueron proporcionadas por Purina Agriband, S. A.

Elaboración de las dietas.

Los ingredientes utilizados como fuente proteica, fueron adquiridos frescos en el mercado e inmediatamente se congelaron a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  en un congelador (Fisher Scientific). Sin descongelar, las carnes fueron trituradas en un molino de carne (Torrey), posteriormente ya molidos los ingredientes fueron pesados por separado de acuerdo a la cantidad necesaria para cada una de las dietas. Las carnes, almidón crudo, alginato de sodio y aceites fueron pesados en una balanza analítica. (Mettler Toledo PB 3001- S). Las vitaminas, minerales, óxido de cromo y BHT se pesaron en balanza analítica. (Mettler Toledo PB 153 - S).

Las carnes fueron incorporadas en una mezcladora (Hobart N-50) donde se obtuvo una pasta homogénea con el almidón gelatinizado y el óxido de cromo durante 10 minutos. Esta mezcla se licuó en un homogenizador de alto torque durante 10 minutos.

La pasta obtenida fue inmediatamente transferida a un homogenizador (Rayneri Groupe, VMI, Turbotest) donde se incorporan los aceites y el alginato ya gelatinizado, posteriormente se homogeneizó durante 10 minutos a una velocidad de 2,500 revoluciones por minuto. Después se agregaron los minerales y las vitaminas (la vitamina C y la Colina se agregaron por separado; vitamina C 140 mg por 250 gramos de alimento y Colina 250 mg por 250 gramos de dieta) homogeneizando esta pasta durante 15 minutos. La mezcla obtenida fue vaciada sobre papel encerado, utilizando como molde tiras de acrílico de 0.5 mm de altura y una hoja de aluminio para extender la pasta.

Las hojas de papel con la pasta fueron transferidas a unas charolas que fueron introducidas en un secador de aire forzado durante 12 horas a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  para su deshidratación.

Una vez transcurrido el tiempo de secado se retiraron las charolas, obteniéndose hojuelas que se quebraron y almacenaron en bolsas de plástico (debidamente etiquetado) a una temperatura de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Las hojuelas obtenidas se pasaron por una batería de tamices (Alcon ) de 960, 710, 500, 420 y 250 micras, con el fin de obtener el tamaño de partícula adecuado para alimentar a los peces.

De las dietas ya elaboradas se tomaron muestras por triplicado para realizar análisis bromatológicos (tabla 3). Los valores de energía metabolizable se obtuvieron, con base en los valores energéticos de las proteínas (5.6 Kcal/g) carbohidratos (4.1 Kcal/g) y lípidos (9.5 Kcal/g). (Lubert-Stryer, 1995).

**Tabla 3.** Análisis bromatológico de las dietas experimentales.

<b>%Proteína dieta</b>	<b>Humedad (g/100g)</b>	<b>Cenizas (g/100g)</b>	<b>Proteínas (g/100g)</b>	<b>Lípidos (g/100g)</b>	<b>E L N* (g/100g)</b>
D25	6.77	4.68	26.06	12.48	50.01
D30	6.40	4.92	30.86	11.97	45.85
D35	6.31	5.32	34.06	10.38	43.93
D40	6.11	5.53	39.75	9.66	38.96
D45	6.88	5.76	44.94	8.29	34.18
D50	6.35	6.00	50.42	6.98	30.29
D55	6.11	6.41	55.81	5.78	25.89

\*ELN: Extracto libre de nitrógeno

### 3.2. DISEÑO Y SISTEMA EXPERIMENTAL.

El diseño experimental consistió en siete tratamientos correspondientes a las diferentes dietas elaboradas, que fueron evaluados por triplicado, teniendo un total de 21 unidades experimentales.

Se utilizó un sistema cerrado de recirculación tipo baño María que consistió en un tanque de fibra de vidrio de 2.20 m de largo, 1.30 m de ancho y 46 cm de alto, en el que se colocaron 21 cubetas, correspondientes a las 21 unidades experimentales, con una capacidad de 18 L, perforadas con una luz de malla de 2.5 mm en un costado y a una altura de 5 cm de su base para el recambio de agua. Cada cubeta presentaba aireación constante (Figura 1). El agua, a una salinidad de  $56.31 \pm 0.24$  g/L fue bombeada constantemente por una bomba sumergible modelo PE-A 127 Little Giant. Con la capacidad de bombeo de 304 L/hora. Se mantuvo una temperatura constante de  $24.89^{\circ}\text{C} \pm 0.22$  que es una temperatura óptima para crecimiento y supervivencia del pez blanco (Martínez-Palacios *et al.*, 2004) con un calentador para agua de 300 watts, marca Hagen.

### 3.3. PROTOCOLO EXPERIMENTAL.

En cada una de las cubetas se sembraron al azar 20 juveniles *de Menidia estor* de cuatro meses de edad, con un peso inicial promedio de 69.24 mg (C.V. = 6.49 %). Que se aclimataron durante una semana previa al experimento se sacrificó un lote de 60 organismos mediante una sobredosis de benzocaina en solución de etanol 500mg/L, se deshidrataron inmediatamente en una estufa de aire forzado a 105 °C durante 24 horas, para después ser almacenados a -20 °C y posteriormente realizar el análisis de la composición proximal del cuerpo. Los organismos en los estanques se mantuvieron en foto-período de 12 horas luz / 12 horas oscuridad.

Diariamente las dietas preparadas se suministraron manualmente a saciedad (*ad libitum*), cinco veces al día, durante las horas luz. Así mismo, todos los días se registró la cantidad de alimento consumido por los peces.



Fig. 1 Sistema de recirculación utilizado durante la etapa experimental

El experimento se llevó a cabo durante 56 días y se registró el peso de los organismos al inicio, a los 20, 40 y 56 días. Se obtuvo el peso promedio de los peces por unidad experimental, mediante el uso de una balanza analítica. (Mettler Toledo PB 153 – S). Para reducir el estrés al momento de pesarlos, los peces se anestesiaron con benzocaína (50 mg/L), ya anestesiados se retiró toda el agua haciendo uso de una red fina y secando el exceso de agua con papel absorbente. Posteriormente se pasaron a un recipiente con agua, que se taró previamente en la balanza, para registrar el peso correcto de los peces. En el transcurso del experimento se llevó un registro cada 20 días de la supervivencia y alimento consumido.

Al final del experimento los peces fueron sacrificados, se secaron en estufa a 105 °C y posteriormente se pulverizaron en un molino de bolas Restch MM 200, obteniendo harinas finas a las que finalmente se les hicieron análisis proximales de humedad, cenizas, extracto etéreo (grasas) y proteína.

#### 3.4. CALIDAD DEL AGUA.

Diariamente se limpiaron las unidades experimentales y el tanque del sistema experimental mediante el método de sifoneo, se midió la temperatura, con un termómetro de mercurio de total inmersión, marca Brannan y se midió el Oxígeno disuelto, con un oxímetro digital (Oxygen Meter Ysi model 51 B), la Salinidad se midió cada 7 días con un refractómetro (modelo Atago –S/Mill –E) y el pH con un equipo Hach – Fish Farming marine (modelo FF- 3 Cal No. 24303). Semanalmente se determinó el amonio total y los nitritos, para lo cual también se utilizó el equipo Hach – Fish Farming marine.

### 3.5. ANÁLISIS QUÍMICOS.

Se realizaron los análisis bromatológicos de los ingredientes, las dietas y los cuerpos de los peces, al inicio y al final del experimento para conocer su composición, así como la eficiencia de las dietas, utilizando el método de análisis proximal de Weende (Olvera *et al.*, 1993, A. O. A. C., 2000), en el cual se determina el contenido de humedad, proteína cruda, lípidos crudos, ceniza y por diferencia el extracto libre de nitrógeno (ELN). Cada análisis se realizó por triplicado.

3.5.1. Humedad. Considerada como la cantidad de agua presente en la muestra. El contenido de humedad se determinó por desecamiento de las muestras en un horno a 105 °C por 12 horas. La diferencia de pesos de la muestra antes y después de pasar por el horno a peso constante, indica su humedad (Olvera *et al.*, 1993; A. O. A. C., 2000).

Cálculos:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = [(A-B)/A] * 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)

3.5.2. Proteína Cruda. Considerada como el contenido de proteína de la muestra, este análisis evalúa el contenido de nitrógeno total proteínico en la muestra. Este se determinó a través de un auto analizador Nitrógeno/Proteína LECO FP528 por medio de la técnica de Dumas

(conductividad de gases) utilizando helio como referencia y multiplicando el resultado por el factor 6.25 para conocer la concentración de proteína. (16% N). (Olvera *et al.*, 1993).

3.5.3. Extracto Etéreo. Se refiere al contenido de lípidos en los ingredientes alimenticios y se determinó con el equipo Soxtec Avanti Tecator modelo 2050 (A. O. A. C., 2000), utilizando éter de petróleo como solvente.

Cálculos:

$$\text{Contenido de Lípidos (\%)} = [(B-A)/C] * 100$$

Donde:

A = Peso del crisol limpio y seco (g)

B = Peso del crisol con grasa (g)

C = Peso de la muestra (g)

3.5.4. Ceniza. Es considerada como el contenido de minerales totales o material inorgánicos de la muestra. Su determinación se realizó mediante calcinación de la muestra a 550 °C en una mufla, por 12 horas (Olvera *et al.*, 1993; A. O. A. C., 2000)

Cálculos:

$$\text{Contenido de Ceniza (\%)} = [(A-B)/C] * 100$$

Donde:

A = Peso del crisol con muestra (g)

B = Peso del crisol con ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

3.5.5. Extracto libre de nitrógeno. Se obtuvo mediante la sumatoria de los valores porcentuales determinados para la humedad, proteína, lípidos y ceniza, sustrayendo el total obtenido de 100. (ELN) (Olvera *et al.*, 1993, A. O. A. C., 2000).

Cálculos:

$$\text{ELN (\%)} = 100 - (\text{A} + \text{B} + \text{C} + \text{D})$$

A = Contenido de Proteína cruda (%)

B = Contenido de Humedad (%)

C = Contenido de Extracto Etéreo (%)

D = Contenido de ceniza (%)

### 3.6. EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO.

Con base en los resultados obtenidos de peso y alimento consumido, se calcularon los siguientes parámetros nutricionales.

Tasa Específica de Crecimiento (%): Medida que estima el porcentaje promedio de incremento del peso corporal por día (Brown, 1975. En; Harfus, 1992).

Cálculos:

$$\text{TEC (\%/día)} = [\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}] * 100 / T$$

Ganancia de Peso Individual (GPI). Indica la ganancia diaria de peso. (Utne, 1979. En Steffens, 1986; Martínez–Palacios, 1987)

Cálculos:

$$\text{GPI (mg/día)} = 1000 * [ (\text{Peso ganado /nf}) t_{1,2...n} / T ]$$

Donde:

nf = Número final de individuos

t = Período de muestreo en días

T = Tiempo total de experimentación en días

Peso Ganado (%). Estima la ganancia de peso en un tiempo dado. (Utne, 1979. En Steffens, 1986; Martínez Palacios, 1987).

Cálculos:

$$\text{PG (\%)} = 100 * [ (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Peso inicial} ]$$

### 3.7. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ALIMENTICIA.

Para evaluar la utilización del alimento, se realizaron los siguientes cálculos. (Utne, 1979. En Steffens, 1986; Martínez Palacios, 1987).

Tasa de alimentación en términos de la biomasa Corporal Diaria (%/día):

$$\text{BCD (\% /día)} = [ (\text{ACI mg/día}) / (\text{Peso total mg /nf}) ] * 100$$

Donde:

nf = Número final de individuos

Alimento consumido individual (mg/día). Estima el consumo individual de alimento:

$$\text{ACI (mg/día)} = [1000 * \text{Alimento consumido /nf}] [t1, 2...n/T]$$

Donde:

nf = Número de individuos

t = Período de muestreo en días

T = Tiempo en días

Tasa de Conversión Alimenticia (TCA). Medida que da la estimación del alimento utilizado para producir una unidad de peso en el pez. (Harfush, 1992).

$$\text{TCA} = \text{ACI (mg/día)} / \text{GPI (mg/día)}$$

### 3.8. EVALUACIÓN DE EFICIENCIA PROTEICA.

Tasa de eficiencia proteica. Determina la relación que existe entre el aumento de peso y el consumo de proteína. (Steffens, 1986).

$$\text{PER} = \text{Peso ganado (mg/día)} / \text{CP (mg/día)}$$

Consumo de proteína (mg/día)

$$\text{CP (mg/día)} = \text{ACI} * (\% \text{ de proteína en la dieta} / 100)$$

Consumo de Nitrógeno (mg/día)

$$\text{CN (mg/día)} = \text{CP} / 6.25$$

### 3.9. EVALUACIÓN DE SUPERVIVENCIA.

Se cuantificó el total de peces que se encontraban en cada una de las unidades experimentales, durante los muestreos. (Utne, 1979. En Steffens, 1986; Martínez Palacios, 1987).

$$\text{Supervivencia (\%)} = [ (nf/ ni) t_{1,2 \dots n} ] * 100$$

Donde:

S= Supervivencia

nf = Número final de individuos

ni = Número inicial de individuos

t = Período de muestreo en días:

### 3.10. ANÁLISIS DE DATOS.

Como se mencionó anteriormente, el diseño experimental fue constituido por siete tratamientos (dietas a diferentes porcentajes de proteína), que fueron evaluadas por triplicado para un total de 21 unidades experimentales.

Con los datos totales que se obtuvieron de crecimiento, consumo de alimento y eficiencia alimenticia en cada uno de los tratamientos, fueron realizados análisis de varianza de una vía con un nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ); se utilizó la prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tuckey, con el fin de contrastar las diferencias entre los tratamientos. Los análisis de varianza fueron realizados mediante el Programa MINITAB (Release13.32).

#### 3.10.1. Técnica del punto de inflexión.

Con el fin de determinar el requerimiento de proteína en los juveniles de pez blanco de Pátzcuaro, los datos totales de la ganancia de peso individual (GPI), fueron utilizados como respuesta en el crecimiento de los peces y se analizaron mediante la técnica del “Punto de inflexión” de Zeitoun *et al.*, (1976).

En dicha técnica, una vez realizado el análisis de varianza respectivo, con los datos de crecimiento con diferencias significativas (desde el más bajo porcentaje de proteína) se expresó una regresión lineal; se trazó posteriormente una segunda línea horizontal derivada de los valores medios (a los porcentajes más altos de proteína) que no presentaron diferencias significativas entre si, formándose una meseta. La intersección entre la prolongación de la primera recta y la línea de la meseta es el punto de inflexión, el cual corresponde a los requerimientos de proteína de los peces (De la Higuera, 1987; Martínez–Palacios, 1987).

## 1V. RESULTADOS.

### 4.1. Parámetros fisicoquímicos.

Durante el experimento los parámetros ambientales del sistema cerrado de recirculación permanecieron estables y dentro de los intervalos adecuados para el crecimiento y supervivencia del pez blanco *Menidia estor*, (tabla 4).

**Tabla 4.** Calidad de agua durante el experimento. ( $\sigma$  = Desviación estándar de la media).

Parámetro	$x \pm \sigma$
Oxígeno mg/L	$6.55 \pm 0.23$
pH	$7.4 \pm 0.054$
Amonio mg/L	0
Nitritos mg/L	$0.028 \pm 0.022$
Salinidad g/L	$6.31 \pm 0.24$
Temperatura °C	$24.89 \pm 0.22$

### 4.2. Comportamiento de los peces.

Los peces tuvieron un entrenamiento de 15 días de alimentación ofreciendo una dieta estándar en hojuelas con un contenido de proteína de 40% y un tamaño de partícula de 250 micras. En el transcurso del experimento siempre consumieron con avidez la primera alimentación que se les proporcionaba a las 9:00 horas y a medida que se les proporcionaban las 4 raciones restantes disminuía su consumo.

### 4.3. SUPERVIVENCIA.

En la figura 2, se observa que los tratamientos D40%, D45% y D50% presentan las mayores supervivencias, sin presentar diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre ellos. Los tratamientos D55%, D35%, D30% y D25%, presentaron una menor supervivencia. ( $p<0.05$ ).

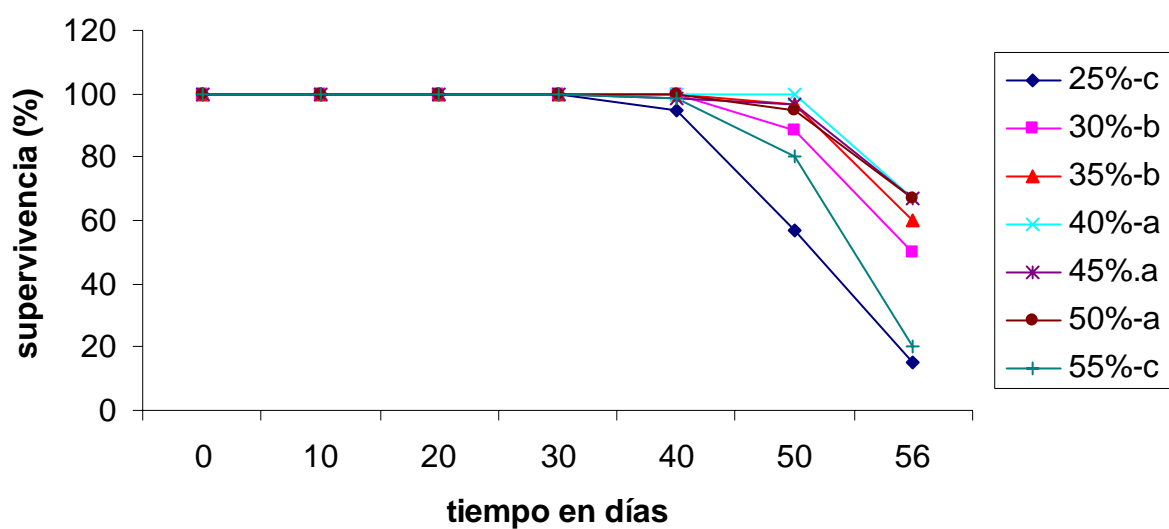


Fig. 2. Supervivencia de los juveniles de pez blanco *Menidia estor*, alimentados con diferentes porcentajes de proteína, en el transcurso del experimento.

Los resultados de crecimiento y la eficiencia en la utilización del alimento durante el experimento, se muestran en la tabla 5.

Tabla. 5. Crecimiento y eficiencia de utilización del alimento durante el experimento.

Valores promedio	DIETAS						
	D25%	D30%	D35%	D40%	D45%	D50%	D55%
Número inicial de peces	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
Número final de peces	3.00 <sup>c</sup>	10.00 <sup>b</sup>	12.00 <sup>b</sup>	13.33 <sup>a</sup>	13.33 <sup>a</sup>	13.33 <sup>a</sup>	4.00 <sup>c</sup>
Peso inicial promedio (mg)	68.87 <sup>a</sup>	73.68 <sup>a</sup>	69.17 <sup>a</sup>	72.10 <sup>a</sup>	68.17 <sup>a</sup>	66.57 <sup>a</sup>	63.17 <sup>a</sup>
Peso final Promedio (mg)	145.56 <sup>c</sup>	201.00 <sup>b</sup>	234.36 <sup>b</sup>	325.72 <sup>a</sup>	304.92 <sup>a</sup>	292.02 <sup>a</sup>	228.67 <sup>b</sup>
Peso ganado (%)	84.53 <sup>c</sup>	117.56 <sup>bc</sup>	150.35 <sup>ab</sup>	232.24 <sup>a</sup>	229.15 <sup>a</sup>	231.58 <sup>a</sup>	132.08 <sup>bc</sup>
Peso ganado individual (mg/día)	1.37 <sup>c</sup>	2.27 <sup>b</sup>	2.95 <sup>ab</sup>	4.53 <sup>a</sup>	4.23 <sup>a</sup>	4.03 <sup>a</sup>	2.90 <sup>bc</sup>
Biomasa corporal diaria (%)	2.17 <sup>a</sup>	2.00 <sup>a</sup>	2.19 <sup>a</sup>	2.10 <sup>a</sup>	2.15 <sup>a</sup>	2.07 <sup>a</sup>	2.10 <sup>a</sup>
Tasa específica de crecimiento (% día)	1.29 <sup>c</sup>	1.77 <sup>c</sup>	2.18 <sup>ab</sup>	2.69 <sup>a</sup>	2.68 <sup>a</sup>	2.64 <sup>a</sup>	2.15 <sup>ab</sup>
Alimento consumido individual (mg/día)	2.68 <sup>b</sup>	2.83 <sup>b</sup>	4.31 <sup>ab</sup>	4.46 <sup>a</sup>	4.40 <sup>a</sup>	4.21 <sup>ab</sup>	2.71 <sup>b</sup>
Conversión alimenticia	2.39 <sup>a</sup>	1.30 <sup>a</sup>	1.49 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	1.05 <sup>a</sup>	1.05 <sup>a</sup>	1.03 <sup>a</sup>
Eficiencia proteica	1.96 <sup>a</sup>	2.60 <sup>a</sup>	2.01 <sup>a</sup>	2.56 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	1.90 <sup>a</sup>	1.92 <sup>a</sup>
Consumo de proteína(mg/día)	0.67 <sup>c</sup>	0.85 <sup>bc</sup>	1.49 <sup>ab</sup>	1.78 <sup>a</sup>	2.02 <sup>a</sup>	2.10 <sup>a</sup>	1.48 <sup>ab</sup>
Consumo de nitrógeno (mg/día)	0.1079 <sup>c</sup>	0.1364 <sup>bc</sup>	0.2416 <sup>bc</sup>	0.2856 <sup>ab</sup>	0.3240 <sup>a</sup>	0.3371 <sup>a</sup>	0.2380 <sup>bc</sup>

\*Subíndices diferentes, indican diferencia significativa (p<0.05)

#### 4.4. CRECIMIENTO.

En la figura 3, se muestra el peso promedio individual de los juveniles de *Menidia estor*, alimentados con diferentes porcentajes de proteína durante el experimento. Se observa que la mejor respuesta de peso promedio individual se obtuvo las dietas D40%, D45% y D50% sin presentarse diferencias significativas en el peso final entre estos tres tratamientos ( $p>0.05$ ). Se presentó diferencia significativa de peso final con los tratamientos de menor % de proteína,

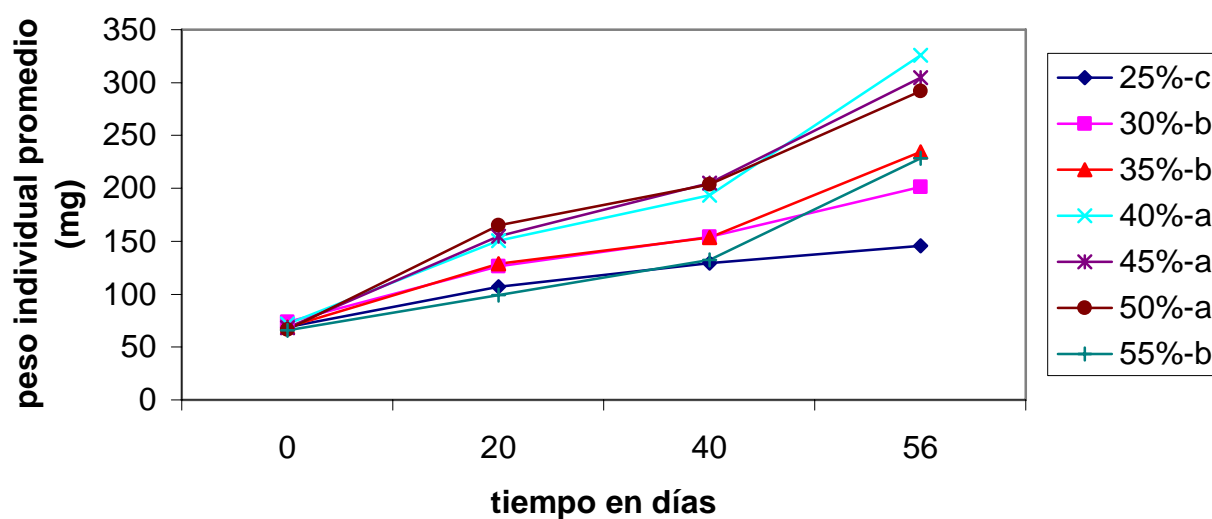


Fig. 3. Crecimiento de *Menidia estor*, alimentados durante 56 días con diferentes porcentajes de proteína.

En la figura 4 se representa la ganancia de peso (mg/día), mostrando que los peces del tratamiento D40% tuvieron una mayor ganancia de peso individual, siguiendo los tratamientos D45% y D50%. Los peces que presentaron una menor ganancia de peso individual fueron de los tratamientos D35%, D55%, D30% y D25% respectivamente, existiendo diferencia significativa de los valores finales entre los tratamientos, como lo indican los subíndices ( $p < 0.05$ ).

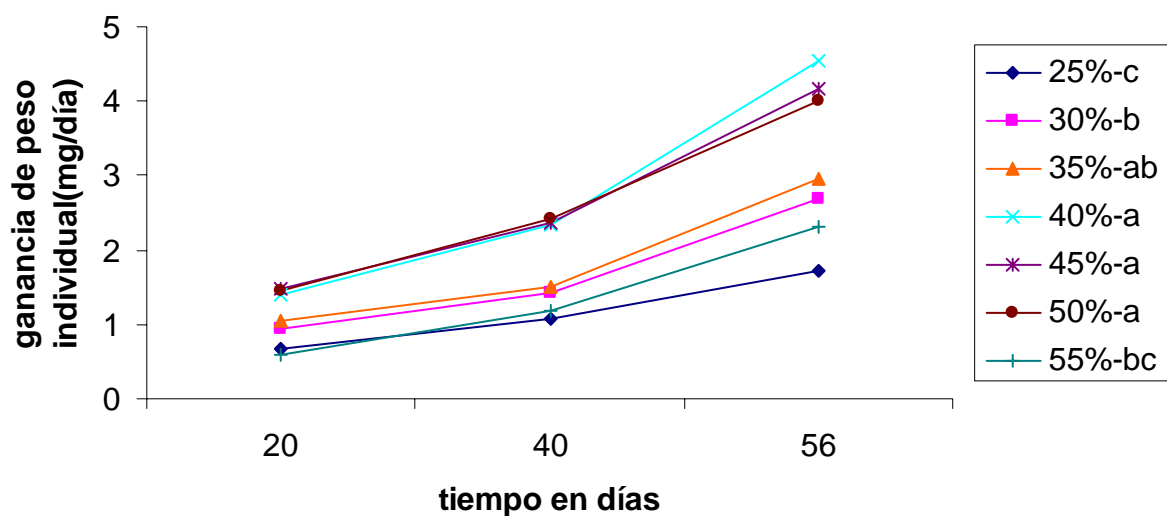


Fig. 4. Ganancia de peso individual (mg/día) de *Menidia estor*, alimentados con diferentes porcentajes de proteína.

En la figura 5 se muestra la tasa específica de crecimiento, que estima la velocidad de crecimiento de los organismos durante el experimento. Como se observa, las mejores dietas fueron la D50%, D45% y D40%, presentando diferencia significativa con D35%, D55% y estos a su vez con D30% y D25%. Como se indica en los subíndices.

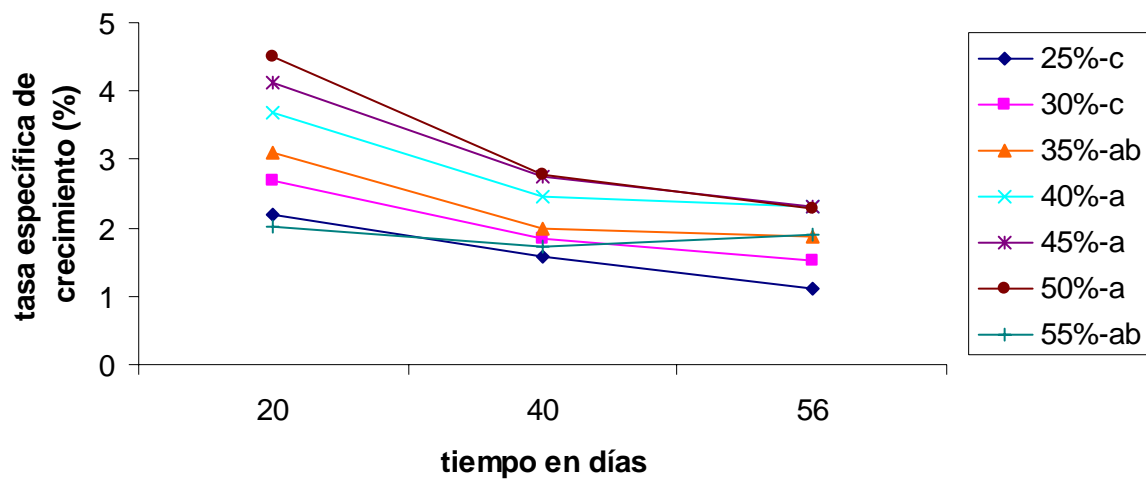


Fig. 5. Tasa específica de crecimiento (%) promedio para los juveniles de *Menidia estor*, alimentados con diferentes porcentajes de proteína.

#### 4.5. CONVERSIÓN ALIMENTICIA

La figura 6 muestra la tasa de conversión alimenticia. Sin presentarse diferencia significativa entre los tratamientos. Se observó que durante los primeros 20 días se presentó una tasa de conversión alimenticia elevada en todos los tratamientos, situación que puede atribuirse porque los peces al principio del experimento se encontraban en un período de adaptación a las condiciones del experimento (como puede ser el manejo, el alimento experimental inerte y el sistema de cultivo) por lo que el alimento no fue aprovechado de manera óptima.

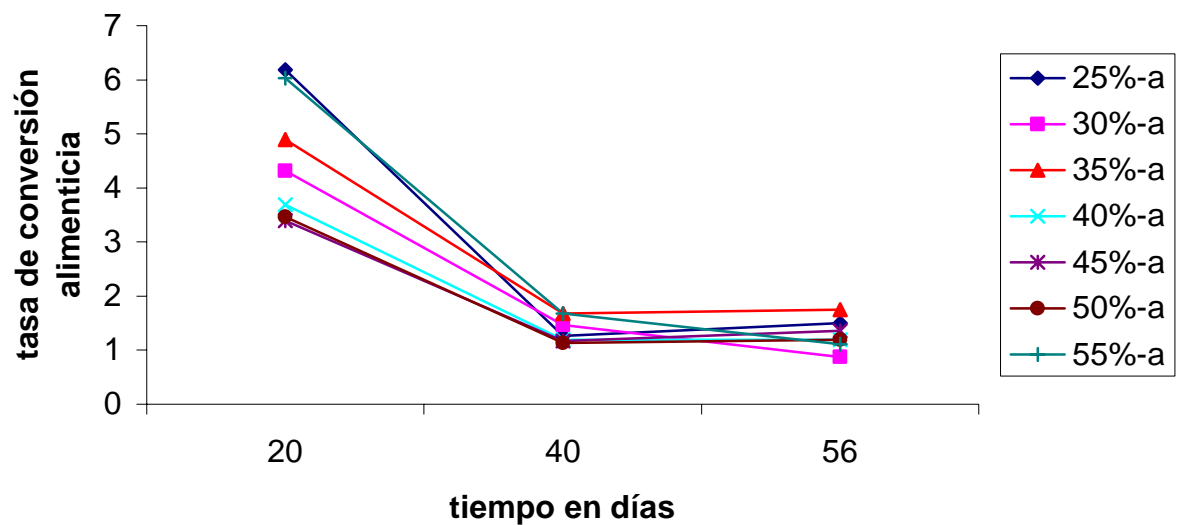


Fig. 6. Tasa de conversión alimenticia de *Menidia estor*, alimentados con diferentes porcentajes de proteína.

#### 4.6. TASA DE ALIMENTACIÓN EN TÉRMINOS DE LA BIOMASA CORPORAL DIARIA. (%BCD)

En cuanto a la biomasa corporal diaria (%BCD) que es el alimento que consumen los peces en relación al porcentaje del peso de su cuerpo al día. Y a la cual se alimentaron los juveniles de *Menidia estor* con las diferentes dietas durante el experimento, se presentaron los porcentajes mas altos de 0 a 20 días en todos los tratamientos, sin haber diferencia significativa entre ellos ( $p > 0.05$ ) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Valores de biomasa corporal diaria (%/día)

Tiempo (días)	DIETAS						
	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%
0-20	3.88	3.46	3.28	3.40	3.24	3.40	3.60
20-40	1.05	1.35	1.66	1.44	1.36	1.33	1.49
40-56	1.57	1.20	1.65	1.45	1.86	1.42	1.26

#### 4.7. COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL CUERPO DE LOS PECES.

La composición proximal del cuerpo de los peces al inicio y al final del experimento de los siete tratamientos se muestra en la tabla 7. No se presentaron diferencias significativas, en la composición del cuerpo de los peces al inicio y al final del experimento ( $p>0.05$ ).

**Tabla 7.** Composición proximal del cuerpo de los peces

<b>Análisis proximal del cuerpo de los peces</b>					
<b>Tratamientos</b>	<b>Humedad (g/100g)</b>	<b>Ceniza (g/100g)</b>	<b>Proteína (g/100g)</b>	<b>Lípidos (g/100g)</b>	<b>ELN (g/100g)</b>
Iniciales	78.77 <sup>a</sup>	1.88 <sup>a</sup>	14.61 <sup>a</sup>	1.37 <sup>a</sup>	3.37 <sup>a</sup>
D25%	81.15 <sup>a</sup>	1.77 <sup>a</sup>	13.14 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>	2.90 <sup>a</sup>
D30%	80.61 <sup>a</sup>	1.70 <sup>a</sup>	13.70 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>	2.95 <sup>a</sup>
D35%	80.26 <sup>a</sup>	1.83 <sup>a</sup>	13.89 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>	2.89 <sup>a</sup>
D40%	79.62 <sup>a</sup>	1.84 <sup>a</sup>	14.40 <sup>a</sup>	1.17 <sup>a</sup>	2.97 <sup>a</sup>
D45%	79.81 <sup>a</sup>	1.84 <sup>a</sup>	14.31 <sup>a</sup>	1.09 <sup>a</sup>	2.95 <sup>a</sup>
D50%	79.84 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>	14.15 <sup>a</sup>	1.09 <sup>a</sup>	3.12 <sup>a</sup>
D55%	80.90 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>	13.61 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>	3.22 <sup>a</sup>

#### 4.8 REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA.

Aplicando la técnica del punto de inflexión del nivel de proteína contra los resultados de la ganancia de peso individual (utilizados como respuesta en el crecimiento de los peces), se obtuvo un requerimiento óptimo de proteína de 42.02%. (fig. 7)

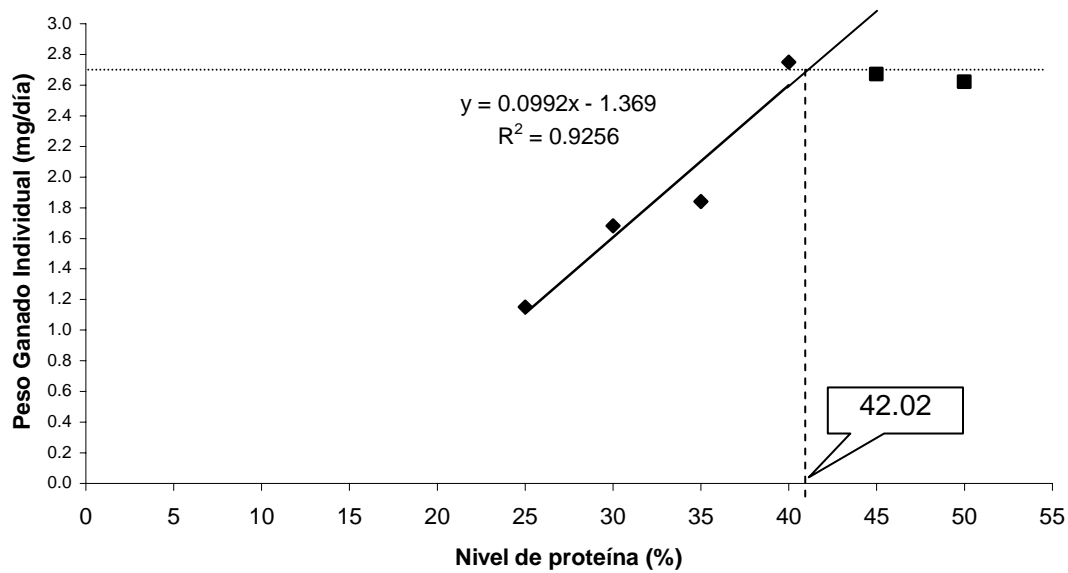


Figura 7. Requerimiento de proteína para los juveniles de pez blanco *Menidia estor*, alimentados *ad libitum*.

## 5. DISCUSIÓN

La proteína es uno de los ingredientes más caros de la dieta, por lo que es económicamente deseable que el contenido proteico de la dieta se ajuste a un mínimo, lo suficientemente elevado como para mantener tasas de crecimiento rentables. (De la Higuera, 1987)

En la tabla 8 se relacionan datos de requerimientos proteicos obtenidos en algunas especies de peces en el mundo. En general los valores oscilan entre 35 y 55% de proteína para máximo crecimiento. Comparando con el resultado obtenido en este estudio, que es de 42.02%, porcentaje dentro del intervalo para peces carnívoros, como se indica a continuación.

**Tabla 8.** Requerimientos cuantitativos de proteína de algunas especies de peces (g/100 g de dieta seca) De la Higuera, (1987).

Especie	Requerimientos de proteína %	Temperatura (°C)	Referencia
<i>Alosa canadiense</i>	42.5		Mural <i>et al</i> (1979)
<i>Anguilla japonica</i>	44.5	25	Nose y Arai (1972)
<i>Brycon spp.</i>	35.6		Werder y Saint Paul (1977)
<i>Chanos chanos</i>	40	25-28	Lim <i>et al</i> (1979)
<i>Chrysophrys aurata</i>	38.4	21	Sabaut y Luquet (1973)
<i>Chrysophrys major</i>	55		Yone (1976)
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	41-43	22-23	Dabrowski (1977)
<i>Cyprinus carpio</i>	38	23	Ogino y Saito (1970)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	52	22	Alliot <i>et al</i> (1974)
<i>Epinephelus salmoides</i>	40		Seng-Keh <i>et al</i> (1978)
<i>Fugu rubripes</i>	50	25-26	Kanasawa <i>et al</i> (1980)
<i>Ictalurus punctatus</i>	35	20.5	Novell (1972)
<i>Micropterus dolomieu</i>	45-25		Anderson <i>et al</i> (1981)
<i>Micropterus salmoides</i>	40-41	23	Anderson <i>et al</i> (1981)
<i>Morone saxatilis</i>	55	24.5	Millikin (1982)
<i>Oreochromis sp</i>	33.43	31	Ospina-Ríos (1997)
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	35-50	10	Halver (1969)
<i>Oncorhynchus nerka</i>	45	10	Halver <i>et al</i> (1964)

<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	55	15	De Long <i>et al</i> (1958)
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	45.3	28	Martínez Palacios (1987)
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	36.9	28	Harfush (1992)
<i>Pleuronectes platessa</i>	50	15	Cowey <i>et al</i> (1972)
<i>Salmo gairdneri</i>	45	10	Halver <i>et al</i> (1974)
<i>Paralabrax</i>	55	27	Anguas-Velez (2001)
<i>Aculatofasciatus</i>	40	27	Jauncey (1982)
<i>Oreochromis mosambicus</i>			
<i>Oreochromis mosambicus</i>	30-35	29	Jauncey & Roos (1982)
<i>Salmo gairdneri</i>	42	8-12	Austreng y Refstie (1979)
<i>Salvelinus alpinus</i>	36-43	10	Jobling y Wanndsvik (1983)
<i>Seriola quinqueradiata</i>	55		Takeda <i>et al</i> (1975)
<i>Tilapia aurea</i>	36	26-29	Davis y Stickney (1978)
<i>Tilapia Zillii</i>	35-40	20-25	Teshima <i>et al</i> (1978)
<i>Menidia estor</i>	42	24.89	Este estudio

El pez blanco de Pátzcuaro (*Menidia estor*) y otros atherinopsidos presentan similitudes morfológicas como un estómago relativamente simple y muy corto, característica típica de especies carnívoras. En el caso del pez blanco esta afirmación se hace de acuerdo a lo encontrado en sus contenidos intestinales y la longitud del mismo intestino 1:0.7 (Longitud estándar: longitud del intestino) y un sistema de filtración que lo determina como zooplanctófago (Ross *et al.*, 2006). De acuerdo con lo anterior está comprobado que *Menidia estor* es un pez carnívoro, lo cual se confirma con su requerimiento relativamente alto de proteína de 42%. Además es muy importante tener en cuenta las características del sistema digestivo en la elaboración de dietas alimenticias para estas especies, porque el tiempo que permanece el alimento en el estómago es muy corto y este alimento debe ser fácilmente digerible para que haya una buena absorción de nutrientes, en su trayecto por el sistema digestivo.

Es de gran importancia establecer además el tamaño de partícula que se ofrece, el cual debe ser de acuerdo a la apertura de la boca del organismo. En este caso particular se

consideró que los peces a la edad de 4 meses tienen un tamaño de boca de 300 a 350  $\mu$  (Aguilar, 2004) y el tamaño de partícula se ofreció de 250  $\mu$ , adecuado para que los organismos que se emplearon en el experimento lo consumieran sin dificultad.

El comportamiento de la supervivencia (figura 2) fue similar para todos los tratamientos, durante los primeros 30 días del experimento y a partir del día 34 se empezaron a mostrar claras diferencias, obteniendo las mejores supervivencias con los tratamientos D40%, D45% y D50%. A partir del día 40 de experimentación se presentó mortalidad continua en el tratamiento D25%, (dieta con menor porcentaje de proteína). De igual manera se presentó una alta mortalidad en los organismos alimentados con la dieta de mayor contenido de proteína D55%. Lo anterior sugiere que un exceso de proteína en la dieta provoca un gasto adicional de energía por desaminación y por lo tanto una consecuente reducción de energía empleada para crecimiento (Jauncey, 1982; Tacon y Cowey, 1985; Martínez-Palacios, 1987). Se reporta una situación similar (Ospina y Ríos, 1997), donde en crías *Oreochromis* sp var. Santa Fé de Antioquia se presentaron las mayores mortalidades con menor y mayor cantidad de proteína (D10% y D50%).

La influencia del porcentaje de proteína dietética en el crecimiento de los peces ha sido un aspecto ampliamente estudiado por diversos autores como: Wen-Jiunn Shyong *et al.*, (1998) al obtener un mejor crecimiento en juveniles de *Zacco barbata* con las dietas con un mayor contenido de proteína durante el experimento. De igual manera Lazo *et al.*, (1998) obtienen un mayor crecimiento para juveniles del pampano de florida *Trachinotus carolinus* con la dieta de un elevado porcentaje de proteína (45%). Este porcentaje de proteína fue obtenido por Alvarez-González *et al.*, (2001) para la cabrilla arenosa *Paralabrax maculatufasciatus*. Para la perca plateada *Bydianus bydianus*, Shuenn-Der. *et al.*, (2002) obtiene un mayor crecimiento con las dietas de un mayor contenido de proteína. Observando que el porcentaje de proteína es determinante para el crecimiento y supervivencia de estos. Como se observó en el presente estudio (figura 3) los grupos de peces de *Menidia estor* tienen un buen crecimiento durante los primeros 20 días, incluso con los tratamientos D25%, D30% D35%. Esta tendencia empieza a mostrar diferencias del día 20 al 40 de experimentación y se define perfectamente durante los últimos días del experimento, obteniendo la mejor respuesta de los organismos alimentados con D40%, D45% y D50% de proteína, como se observa en la tabla 5. Los peces alimentados con D55% incrementaron su crecimiento durante los primeros

30 días, pero no lo suficiente para mantenerlo y estar de igual forma que los organismos que presentaron alta respuesta.

En *Menidia estor*, el peso ganado individual (mg/día) tiene una tendencia definida al observarse (fig. 4) un mayor crecimiento con los tratamientos D40%, D45% y D50%, obteniendo la mejor ganancia de peso individual con el tratamiento D40%, como se indica en la tabla 5. Después de 56 días de experimentación la ganancia de peso fue de 253 mg siendo nuevamente el tratamiento D40% el que presentó mejor respuesta. El tratamiento que resultó ser menos eficiente fue D25%. Diversos autores reportan ganancias diarias de peso para peces empleados en diferentes estudios: Alvarez-González *et al.*, (2001) reportan una ganancia diaria de peso de 0.40 g/día con la D50% para la cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus*. Harfush (1992) reporta una ganancia diaria de peso para crías de *Cichlasoma urophthalmus* de 49.78 mg/día con un 36.9% de proteína. Por otro lado Ospina y Ríos, (1997) obtienen para tilapia roja, *Oreochromis sp.*, una ganancia de peso individual de 38.43 mg/día con 40% de proteína y para la Tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus* de 37.12 mg/día 50% de proteína.

*Menidia estor* presentó una baja ganancia de peso, comparado con otras especies marinas como el robalo marino *Dicentrarchus labrax*, el cual después de 12 semanas de experimento, ganó en total un peso de 16.4 g de acuerdo a lo reportado por Peres y Aires, (1999). En la anguila americana, *Anguilla rostrata*, a los 84 días se obtuvo un incremento de peso de 14.2 g (Tibbetts *et al*, 2000), mientras que para el pámpano de florida *Trachinotus carolinus*, se generó un rendimiento de peso de 26.2 g a las siete semanas de alimentación (Lazo *et al*, 1998). Por otro lado Kim y Santosh (2001) realizaron un experimento de seis semanas con el eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*) obteniendo una ganancia de peso de 17.3 g para cada pez.

La tasa específica de crecimiento es un buen indicador de la calidad de la proteína y bajo condiciones controladas, la ganancia de peso es proporcional a la provisión de aminoácidos esenciales. En el presente estudio se presentó una alta tasa específica de crecimiento (TEC% día) en los juveniles de *Menidia estor* de los tratamientos D40%, D45% y D50% como se muestra en la tabla 5 y en la figura 5 se puede observar como esta velocidad

de crecimiento fue mayor durante las primeras etapas del experimento y posteriormente disminuyó. Los valores más altos de la tasa específica de crecimiento, se obtienen con el mejor porcentaje proteico para la especie con la cual se esté trabajando, como es el caso del robalo marino europeo *Dicentrarchus labrax*, el cual tiene un TEC de 2.01% con un porcentaje de proteína del 56% (Peres y Aires, 1999). Para la anguila americana *Anguilla rostrata*, la TEC es de 1.20% con 47% de proteína en la dieta (Tibbetts *et al.*, 2000). Mientras que para las crías de jundia, *Rhandia quelen* la mejor TEC fue de 2.61% con un alimento con 41% de proteína (Meyer *et al.*, 2004). Con el eglefino, *Melanogrammus aeglefinus*, se obtiene una TEC de 3.0% con un porcentaje de proteína del 60% de acuerdo a lo reportado por (Kim y Santosh., 2001). (Wen-Jiunn. Shyong *et al.*, 1998), obtienen para los juveniles de *Zacco barbata*, la misma TEC (2.11%) con 35.2% y 40.9% de proteína. Estos resultados reflejan la influencia que tiene la calidad de la proteína utilizada y es variable entre las diferentes especies.

En el presente estudio los peces presentaron las tasas de conversión alimenticia entre 1.0 y 2.4 (tabla 5) sin presentarse diferencias significativas. En un cultivo comercial la tasa de conversión alimenticia debe ser de 1 o menor, para que este sea redituable, sin embargo en los trabajos experimentales esta situación en ocasiones no es posible como sucedió en algunos tratamientos de este estudio, principalmente los de menor contenido de proteína, presentando similitud con algunos estudios, como el realizado por Tibbetts *et al.*, (2000). Los autores reportaron una tasa de conversión alimenticia que varió de 1.7 a 1.53 en las cinco dietas que probaron para los juveniles de anguila americana *Anguilla rostrata*. Alvarez *et al.*, (2001), al probar tres dietas isocalóricas para cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* encontraron una tasa de conversión alimenticia de 1.60 para la D40%, 1.53 para D45% y 1.43 para D50%. Ruey-Liang *et al.*, (2001) probaron siete dietas con diferentes porcentajes de proteína para juveniles de cobia *Rachycentron canadum*, donde se tuvo una conversión alimenticia con valores entre 1.09 para D52% 1.55 para D36% hasta 1.84 para D60%. Una situación similar se da en el experimento realizado por Wen-Jiunn Shyong *et al.*, (1998), al probar el efecto de la concentración de proteína sobre el crecimiento y composición del músculo de juveniles de *Zacco barbata* utilizando seis dietas con diferente concentración de proteína, con valores de

3.37 para la más baja concentración de proteína (D20.5%), 2.40 para D40.9% y 2.53 para concentración más elevada (D45.3%).

El alimento consumido individual fue mayor en los tratamientos D40% (4.46 mg/día) y D45% (4.40 mg/día) teniendo diferencia significativa entre los tratamientos (tabla 5). En algunos experimentos se presenta una situación similar como la reportada por Meyer *et al.*, (2004), para la jundía *Rhamdia quelen*, en donde se presentaron diferencias significativas de ACI entre los tratamientos. Sin embargo, esta diferencia no se atribuye solo a la concentración de proteína, debido a que el experimento se realizó con dos temperaturas diferentes (18 °C y 24 °C), consumiendo más alimento los peces mantenidos con la temperatura elevada. En el robalo marino *Dicentrarchus labrax* también se presentaron diferencias significativas en el consumo de alimento al alimentar los peces con variaciones en el nivel de proteína (Peres y Aires, 1999). En otros experimentos se da el caso de que no existe diferencia significativa en el alimento consumido, como lo reportan Heeb *et al.*, (2003) para el lenguado de invierno *Pleuronectes americanus* Kim y Santosh; (2001) para el eglefino *Melanogrammus aeglefinus*.

Respecto al alimento que consumen los peces en relación al porcentaje de su cuerpo al día (%BCD) Tacon y Cowey, (1985) confirman que ofreciendo una mayor cantidad de alimento, si este es consumido por los organismos, se reduce el requerimiento de proteína. Ogino (1980) observa que existe una disminución en el requerimiento de proteína dietética en los juveniles de carpa y trucha arcoiris de 60%-65% a 30%-32% cuando el porcentaje de alimentación se incrementa de 2% a 4%. Harfush (1992), observó que ejemplares de *Cichlasoma urophthalmus* alimentados con bajos porcentajes proteicos tienden a consumir más alimento (%BCD) para compensar los porcentajes reducidos de proteína. Contrariamente Ospina y Ríos, (1997) reportan que ejemplares de *Oreochromis niloticus* alimentados con bajos porcentajes proteicos *ad libitum*, no consumieron más alimento (%BCD) para compensar la falta de proteína en el alimento. De igual forma en el presente estudio no se observó este comportamiento (tabla 6), al no existir una diferencia significativa en cuanto al consumo de alimento en % de BCD y los peces con porcentajes más bajos de proteína, no consumen más alimento que los demás, posiblemente debido a la capacidad del tracto digestivo de *Menidia estor* hecho que lo convierte en un consumidor frecuente por no tener la capacidad de almacenar alimento y un tiempo muy corto de retención del alimento,

impidiéndoles hacer esta compensación de baja proteína por un incremento en el consumo de alimento individual (Martínez-Palacios *et al.*, 2002). Esto está de acuerdo con las afirmaciones de Hidalgo y Alliot, (1987) quienes mencionan que la longitud del tubo digestivo repercute de manera importante en los aspectos cuantitativos de la digestión y de la absorción del alimento.

Durante el experimento, el consumo de nitrógeno y proteína presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. El consumo de proteína fue directamente proporcional al contenido de proteína en el alimento, excepto en el tratamiento D55%, como se refleja en la tabla 5. Comportamiento similar en este caso con los resultados reportados por Harfush (1992) en el experimento realizado con crías de *Cichlasoma urophthalmus*.

En relación a la composición del cuerpo de los peces, no se presentó diferencia significativa entre el lote de peces iniciales y los finales de cada uno de los tratamientos (tabla 7). De igual forma Jauncey (1982) concluye que los porcentajes de proteína poco afectan la composición del cuerpo al realizar el análisis proximal de juveniles de tilapias (*Sarotherodon mossambicus*), después de alimentar con dietas isocalóricas con ocho porcentajes de proteínas diferentes. Igualmente Lazo *et al.*, (1998), no reportaron diferencia significativa en el análisis proximal del cuerpo de los juveniles del pámpano de florida *Trachinotus carolinus*, que alimentaron con cuatro dietas de diferente cantidad de proteína. Alvarez *et al.*, (2001) alimentaron con tres dietas de diferente porcentaje de proteína, a juveniles de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* y realizaron el análisis proximal del cuerpo, hígado y músculo, obteniendo que no existe una diferencia significativa entre tratamientos. Para algunas especies, como la del presente estudio, la composición del cuerpo no es indicador del requerimiento de proteína para peces, mientras que si lo es el crecimiento y la supervivencia.

En otros casos los resultados indican que la composición de la dieta y la concentración de la proteína si tienen influencia sobre la composición proximal de cuerpo, como lo observaron Shuenn-Der Yang *et al.*, (2002). Los investigadores afirman que el porcentaje de proteína en la dieta está relacionado con el porcentaje de proteína en el cuerpo para el caso de los juveniles de la perca plateada *Bidyanus bidyanus*. Maude *et al.*, (2003). Obtuvieron

diferencia significativa en el análisis proximal del cuerpo de las crías de piranajuba *Brycon orbignyanus*, después de que las alimentaron con diferentes porcentajes de proteína (Wen-Jiunn *et al.*, 1998). Alimentaron a juveniles de *Zacco barbata* con seis dietas de diferentes niveles de proteína y comprobaron que los peces alimentados con una mayor cantidad de proteína en la dieta, tuvieron mayor cantidad de proteína y ceniza en el músculo, que aquellos que fueron alimentados con dietas con menor cantidad de proteína. Igualmente Ruey-Liang *et al.*, (2001) obtienen una diferencia significativa en la composición proximal del músculo de juveniles de cobia (*Rachycentron canadum*), en cuanto a proteína se refiere.

*Menidia estor*, tiene un estimado del requerimiento de proteína (bajo las condiciones del estudio) de 42.02% similar a lo reportado para juveniles de otras especies carnívoras de peces. Lazo *et al.*, (1998) reportan que para obtener el máximo crecimiento del pámpano de Florida *Trachinotus carolinus* se requiere un nivel de proteína de 45%. De igual manera este requerimiento fue obtenido por Alvarez *et al.*, (2001) para juveniles de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, especie carnívora marina. Igualmente Ruey Liang Ch. *et al.*, (2001) determinaron el porcentaje óptimo de proteína para juveniles de cobia *Rachycentron canadum*, pez pelágico con gran potencial para el cultivo en jaulas en aguas tropicales y subtropicales, utilizando caseína como fuente de proteína, obteniendo el máximo crecimiento con un porcentaje de proteína de 44.5%. Tibbetts *et al.*, (2000) obtienen el máximo crecimiento para juveniles de anguila americana, *Anguilla rostrata* con un porcentaje de proteína de 47% después de probar 5 dietas isocalóricas, con cinco diferentes porcentajes de proteína. Shuenn-Der *et al.*, (2002) con un 42.15% de proteína obtuvieron el máximo crecimiento para la perca plateada *Bidyanus bidyanus*, probaron dietas isocalóricas con 8 diferentes porcentajes de proteína. Hebb *et al.*, (2003) obtienen un alto requerimiento proteico para juveniles de lenguado invernal *Pleuronectes americanus*, mostrando la más alta tasa de crecimiento con la dieta de 50% de proteína y 10% de lípidos. Por otro lado Wen-Jiunn *et al.*, (1998), determinaron por análisis de punto de inflexión que el porcentaje de proteína óptimo para los juveniles de *Zacco barbata* es de 32%, utilizando como fuente de proteína, harina blanca de pescado. Shuenn-Der *et al.*, (2002) estimaron un requerimiento de 42.15% para la perca plateada *Bidyanuus bidyanus* utilizando filete blanco de pescado como fuente de proteína.

*Menidia estor* tiene un buen crecimiento con los tratamientos D40%, D45%, Y D50%, sin embargo la recomendación es proporcionar la dieta con un nivel de proteína de 40% para no desperdiciar el nutriente y ofrecerlo de acuerdo a la menor cantidad con la cual se obtiene el mejor crecimiento. En este caso se considera que existe una similitud con los resultados de Anguas (2001) quien realizó un experimento para conocer los efectos de proteína y la energía dietética en el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los juveniles de cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus*. Este autor obtuvo un requerimiento del 55% de proteína sin embargo lo considera sobre estimado, ya que se obtuvieron resultados similares desde el tratamiento D45% de proteína.

## VI. CONCLUSIONES

- El requerimiento de proteína dietética para lograr un crecimiento óptimo de juveniles de *Menidia estor* fue de 42.02 %. (con una temperatura de 24.89 °C) Similar al de otros peces carnívoros, sin embargo más bajo que en algunos peces marinos.
- El porcentaje de proteína en la dieta, influye significativamente en el crecimiento y la supervivencia de los juveniles de *Menidia estor*.
- La cantidad de proteína en el alimento no repercute en la composición proximal y no es un indicador de la proteína en el cuerpo de los peces.
- No existe diferencia significativa, en la tasa de ingestión de *Menidia estor* al reducir los porcentajes proteicos de su dieta alimenticia. Debido posiblemente al aparato digestivo tan especializado y corto, como consecuencia de sus hábitos alimenticios (carnívoro).
- Los datos obtenidos sobre requerimientos de proteínas, son de los primeros reportados, para peces atherinopsidos.

## LITERATURA CITADA

- A. O. A. C., 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17 th EDITION. Washington, E.U.A. 1018p.
- Aguilar-Valdéz M. C. 2004. Características morfométricas y estructuras bucofaríngeas de larvas, juveniles y adultos de pez blanco, *Chirostoma estor estor*. Jordan, 1879 y su relación con mecanismos de alimentación. Tesis Licenciatura. Facultad de Biología. U. M. S. N. H. Morelia, Michoacán, México. 64p.
- Alvarez-González C. A., R. Civera-Cerecedo, J. L. Ortiz- Galindo, S. Dumas, M. Legorreta, T. and Grayeb-Del Alamo. 2001. Effect of dietary protein level on growth and body composition of juvenile spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, fed practical diets. Aquaculture 194: 151-159.
- Anguas Velez B. 2001. El efecto del nivel de proteína dietaria en el crecimiento y utilización de la proteína en juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatufasciatus*. Con dietas semipurificadas. Tesis doctoral CIBNOR La Paz, Baja California. México. 100p.
- Armijo O. A. y Sasso, Y.L. 1976. Observaciones preliminares en acuarios sobre incubación y alevinaje de aterinidos. (*Chirostoma sp.*) del Lago de Pátzcuaro, Mich. Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática (FIDEFA). Vol. 3, 13p.
- Brown, M. E. 1987. Experimental studies on growth. En: The physiology of fishes. Ed. Por Brown, M. E. Academic Press, New York, Vol. Pp.361
- Comité Técnico de Pátzcuaro. 1997. Pátzcuaro el Lago que Queremos. Cuadernillo.

- Cowey C .B. 1994. Amino acid requirement of fish: a critical appraisal of present values. *Aquaculture* 124 (1994) I – II.
- De La Higuera M. 1987. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. IN: *Nutrición en acuicultura*, I.CAICyT. J. Espinoza de los Monteros y U. Labarta (editores) Madrid, España.325 p.
- Dyer, B. S. y Chernoff, B. 1996. Phylogenetic relations among atheriniform fishes (Teleostei: Atherinomorpha). *Zool. Journal Society* 69 p.
- El-Sayed y Abdel-Fattah. 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* *Aquaculture* 179.149-168
- Florescano E., 1989. *Historia General de Michoacán Vol. 1.* Gobierno de Michoacán. Instituto Michoacano de Cultura. 304 p.
- Forcada-Arens H., 2002. Diseño y evaluación de una dieta en hojuelas para crías de pez blanco (*Chirostoma estor estor*). Universidad Iberoamericana. Santa Fé. Departamento de Ingeniería. Área de Tecnología de Alimentos. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Laboratorio de Acuicultura (INIRENA).125 p.
- Graham A. M., 2001. Comparative study of proteolytic enzymes in the digestive tracts of the pez blanco (*Chirostoma estor estor and Chirostoma estor copándaro*) (Pisces Atherinidae). Tesis de Licenciatura. Institute of Aquaculture, University of Stirling. 35p.
- Harfush M. M. R. 1992. Determinación de los requerimientos de proteína dietética en crías de *Cichlasoma urophthalmus* (Gunter 1862) alimentadas *ad libitum*. Tesis de Maestría. CINVESTAV – IPN, Unidad Mérida 67 p.

- Hebb C. D., J. D. Castell., D. M. Anderson., J. Batt. 2003. Growth and feed conversion of juvenile winter flounder (*Pleuronectes americanus*) in relation to different protein-to-lipid levels in isocaloric diets. *Aquaculture* 221: 439-449.
- Hopher B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Limusa. México. 193-240 p.
- Hidalgo F. y E. Alliot. 1987. La digestión en los peces .IN: Nutrición en Acuicultura, I CAYCyT.J Espinosa de los Monteros y U. Labarta (editores) Madrid España. 303 pp.
- Hualde J. P. y Torres W. 2004. Crecimiento, utilización de nutrientes y composición química del pejerrey patagónico (*Odontesthes hatcheri*) alimentados con dietas comerciales y experimentales. Jornadas de Biología del Pejerrey. IIB-INTECH 41 p.
- Jauncey K. 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture* 27: 43-54.
- Jones, A. y E. D. Houde. 1986. Mass rearing of fish fry for aquaculture. In: Bilio M. Rosenthal, H. y C. F. Sindermann (Eds.), "Realism in Aquaculture: Achievements, constraints and perspectives". European Aquaculture Society, Bredene. Pp 351-373.
- Kim, J. D. y Santosh P.L. 2001. Effects of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture* 195: 311-319.
- Lazo P. J., D. Allen D., Connie R., y R. Arnold. 1998. The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) *Aquaculture* 169: 225-232.

- Lubert Stryer. 1995. Cap. II. Estructura y función de las proteínas. En Bioquímica. Cuarta edición. Editorial Reverte. Barcelona, España. 433 p.
- Martínez-Palacios C. A. 1987. Aspects of the Biology of ( *Cichlasoma urophthalmus* Günther ) With particular reference to its culture. PhD. Thesis, Institute of Aquaculture. University of Stirling. 321pp.
- Martínez-Palacios, C. A., M. C. Aguilar Valdez, A. Campos Mendoza, M. G. Ríos Durán, M. Toledo Cuevas y L. G. Roos. 2002. Progresos en el cultivo del Pescado Blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor*. Ciencia Nicolaita. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 32: 73-90.
- Martínez-Palacios C. A., M. C. Aguilar Valdez, A. Campos Mendoza, M. G. Ríos Durán, M. Toledo Cuevas y L. G. Roos. 2003. Desarrollo tecnológico alcanzado en el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro. Instituto Nacional de la Pesca. Historia y Avances de Cultivo de Pescado Blanco.
- Martínez-Palacios C. A., Comas Morte J., Tello-Ballinas J. A., Toledo- Cuevas M y Roos L. G. 2004. The effects of saline environments on survival and growth of eggs and larvae of *Chirostoma estor estor* Jordan 1879 (Pisces: Atherinidae) Aquaculture Research. 238: 509-522.
- Maude R. De Borba. D. Machado Fracalossi; L. E. Pezzato., D. Menoyo. y J. M. Bautista. 2003. Growth, lipogenesis and body composition of piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) fingerlings fed different dietary protein and lipid concentrations. Aquatic Living Resources 16: 362-369.
- Meyer G. y Machado Fracalossi. 2004. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. Aquaculture 240: 331-343.
- MINITAB (Release13.32) statistical software (MINITAB INC) 2000.

- Ogino, CH. 1980 Requirement of carpa and rainbow trout for essential amino acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46,171-174
- Olvera-Novoa, M. A., C. A. Martínez Palacios y E. Gasca. 1996. The dietary protein requirements of *Cichlassoma synspilum* Hubbs, 1935 (Pisces: Cichlidae) Fry. Aquaculture Research, 1996, 27: 167 – 173.
- Olvera-Novoa, M. A., Martínez-Palacios, C. A., y Real de León E., 1993. Manual de Técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. Programa cooperativo Gubernamental FAO-Italia. Documento de campo No. 7. México, D. F. 104 p.
- Ospina S. G. y Ríos D. M. G. 1997. Determinación de los requerimientos de proteína en crías de tilapia roja (*Oreochromis sp.* Variedad Santa Fe de Antioquia) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) a partir de su primera alimentación exógena y durante la fase de larvicultura. Tesis profesional. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. Colombia. 64 p.
- Peres H. y Aires O. 1999. Influence of temperature on protein utilization in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 170: 337-348.
- Rojas, P. y G. Mares, 1988. Cultivo de pescado blanco (*Chirostoma estor estor* Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera. Informe de Labores. Pátzcuaro, Michoacán. México. 188p.
- Rosas –Moreno, M.1970. Pescado blanco (*Chirostoma estor*), su fomento y cultivo en Mexico. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, Comisión Nacional Consultiva de Pesca. México. 79 p.

- Rosas-Moreno, M. 1976. Datos biológicos de la ictiofauna del lago de Pátzcuaro, con especial énfasis en la alimentación de las especies. Memorias del Simposio sobre Pesquerías de Aguas Continentales, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 3-5 de noviembre, 1976. pp.299-365.
- Ross L G., Martínez-Palacios C.A., Aguilar-Valdez, Ma. Del C. M. Beveridge, M. C. M. y Chávez-Sánchez, Ma. C. 2006. Determination of feeding mode in fish: the importance of using structural and functional feeding studies in conjunction with gut analysis in a selective zooplanktivore *Chirostoma estor estor*. Jordan 1880. Journal of Fish Biology, 68:1782-1794.
- Ruey-Liang Chou., Mao-Sen Su. y Hounng-Yung Chen. 2001. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture 193: 81-89.
- Segura García V. 1997. Ecología reproductiva del pez blanco en *Chirostoma estor estor* Jordán, 1879 (*Pisces: Atherinidae*) del lago de Pátzcuaro. Michoacán México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Sena S. De Silva., R. M. Gunasekera and D. Atapatlu, 1989. The dietary protein requirements of young Tilapia and Evaluation of the least cost Dietary protein levels. Aquaculture 80: 271-284.
- Sena S. De Silva; R. M. Gunasekera y K. F. Shim. 1991. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. Aquaculture 95: 305-318.
- Shuenn-Der Yang. Chyng-Hwa Liou., Fu-Guang Liu. 2002. Effects of dietary protein level on growth performance, carcass composition and ammonia excretion in juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). Aquaculture 213: 363-372.

- Steffens, W. 1986. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. VEB Gustav Fischer (Ed) Jena 49-93 pp.
- Tacon, A. G. J. y C.B. Cowey. 1985. Protein and aminoacid requirements In: Fish Tytler P. y P. Calow (Eds). Fish energetics, New perspectives. Croom Helm, London and Sydney. 155-.
- Tibbetts S. M., S. P. Lall. D. M. Anderson. 2000. Dietary protein requirement of juvenile American eel (*Anguilla rostrata*) fed practical diets. Aquaculture 186: 145-155.
- Watanabe, T. y V. Kiron. 1994. Prospects in larval fish dietetics. Review. Aquaculture Research. 124: 223-251.
- Webster C.D. y Lin Ch. 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI publishing. New York, U.S.A. 418 p.
- Wen-Jiunn Shyong., Chen-Huei Huang. y Hon-Cheng Chen. 1998. Effects of dietary protein concentration on growth and muscle composition of juvenile *Zacco barbata*. Aquaculture 167: 35-42.
- Zeitoun, I. H., Ullrey. D.E. Magee, W.T., J. L. Gill y W.G. Bergen. 1976. Quantifying nutrient requirements of fish. Journal of the Fisheries Research. Board of Canada. 33: 167-172.