



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**“EFECTO DE NIVELES DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO Y
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE JUVENILES DE *Totoaba macdonaldi*.”**



**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA:
YESIKA SOLORZANO SALAZAR**

Ensenada, Baja California, Mayo de 2006

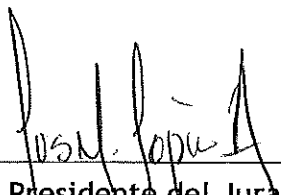
RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de niveles de alimentación sobre el crecimiento y composición química de *Totoaba macdonaldi*, se analizaron muestras de músculo, hígado y organismo completo de juveniles de totoaba de 100 días de edad, obtenidos de la Unidad de Biotecnología en Piscicultura de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California. Los juveniles fueron alimentados con raciones del 1, 2, 3, 4 y 5 % del peso del cuerpo día⁻¹, durante 36 días con un alimento comercial conteniendo 50.1 % proteína, 15 % lípidos, 10.8 % cenizas y 5,199 cal g⁻¹. Se realizaron análisis proximales de las diferentes muestras y se observó que los niveles de lípidos, proteínas, cenizas y humedad fueron significativamente diferentes entre tratamientos dependiendo de la ración de alimento. Se evaluó el consumo de alimento diario y se observó que a partir del 2 % del peso del cuerpo el consumo no varió significativamente, por el contrario el índice hepatosomático incrementó con el aumento de la ración y la tasa específica de crecimiento y no presentó diferencias significativas a partir del tratamiento T2. No se encontraron diferencias significativas al evaluar la eficiencia de conversión alimenticia, así como, la razón de eficiencia proteica entre tratamientos. El alimentar con una ración del 2 % del peso del cuerpo día⁻¹ a juveniles de *Totoaba macdonaldi* de 100 días de edad no afectó su crecimiento.

**"EFECTO DE NIVELES DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO Y
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE JUVENILES DE *Totoaba macdonaldi*."**

**T E S I S
QUE PRESENTA:
YESIKA SOLORZANO SALAZAR**

APROBADA POR:



**Presidente del Jurado
Dra. Lus Mercedes López Acuña**



**Sinodal Propietario
Dr. Eduardo Durazo Beltrán**



**Sinodal Propietario
M.C. Conal David True**

DEDICATORIA

A mis padres

Mara y Raúl por el apoyo y confianza incondicional que me brindaron, por enseñarme a salir a delante hasta en el peor de los casos, por creer en mí. Les agradezco todas las enseñanzas por que gracias a ustedes estoy aquí.

A mis hermanas y sobrino

Erika y Sofia por estar siempre cerca y ayudarme a salir a delante. Por enseñarme a ser fuerte y porque sé que siempre puedo contar con su apoyo y confianza. A Jarod por ser tan lindo y ser mi sobrino preferido.

A Dany y Ponchito

A Dany por enseñarme a sonreír y valorar lo que tengo. Gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas, porque gracias a tu apoyo incondicional salí a delante. TE AMO.

A Alfonso Odriozola por que gracias a ti inicie y termine este sueño, porque confiaste en mí y me apoyaste.

GRACIAS POR TODO, LOS AMO.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de esta tesis, mediante el convenio SAGARPA-CONACyT 2003-C01-206 con el proyecto “Estudio de los requerimientos proteicos y de energía en alevines y juveniles de corvina blanca, *Atractoscion nobilis*”.

A la Dra. Lus M. López Acuña por enseñarme tantas cosas, por ser tan buena persona, por aconsejarme y por su apoyo en la realización de esta tesis.

Al Dr. Eduardo Durazo por sus comentarios tan acertados y su paciencia.

Al M.C. Conal True por haber donado algunas de sus queridas totoabas para la realización de esta tesis y por sus comentarios.

A los oceanólogos Juan José Dorantes y Denisse Lubinsky por el apoyo en la realización de esta tesis.

Al grupo de la Unidad de Biotecnología en Piscicultura de la Facultad de Ciencias Marinas.

A mis padres y hermanas por que gracias a ellos pude realizar mi sueño y por nunca faltar aún cuando estaban lejos.

A Dany porque me ayudo en los momentos de desesperación, por levantarme el ánimo cuando más lo necesite y por ser quien eres.

A Marianita, Livis y Juan (mongoles) por estar ahí en algún momento, por aguantarme más de un año y por aconsejarme.

A Roger por ser un gran amigo y porque siempre esta ahí cuando más se le necesita.

Al Dr. Juan Gabriel Correa (Gabo) por ser una excelente persona y ayudarme cuando tuve dudas.

A todos los buenos amigos que logre tener durante toda la carrera porque aprendí de todos y cada uno de ellos.

A TODOS MIL GRACIAS.

CONTENIDO

I.	Introducción	1
II.	Antecedentes	5
III.	Objetivos	
	Objetivo General	8
	Objetivos Particulares	8
IV.	Metodología	
	Condiciones de cultivo	9
	Muestreo y toma de datos	10
	Análisis químico proximal	10
	Contenido de energía	12
	Energía ingerida	12
	Tasa de crecimiento	12
	Eficiencia de conversión alimenticia (ECA)	12
	Razón de eficiencia de proteína (REP)	12
	Índice hepatosomático (IH)	13
	Análisis estadístico	13
V.	Resultados	
	Análisis químico proximal	14
	Parámetros de crecimiento	18
VI.	Discusiones	24
VII.	Conclusión	36
VIII.	Literatura citada	37

I.- INTRODUCCION

Totoaba macdonaldi es un pez endémico del Golfo de California, México. Puede alcanzar tallas cercanas a los dos metros de longitud (Berdegúe, 1955) y pesos superiores a los 135 Kg (Canon, 1966) siendo así, la especie más grande de la familia Sciaenidae (Almeida *et al.*, 1991). Se distribuye en la región occidental del golfo desde la desembocadura del Río Colorado hasta Mulegé Baja California Sur y por el oriente, hasta la desembocadura del Río Fuerte, Sinaloa.

En 1975 se vedó permanentemente la captura de totoaba en el Golfo de California (Diario Oficial de la Federación, 1975), actualmente se encuentra en lista de especies en peligro de extinción (apéndice 1 de la "Convention on International Trade in Endangered Species", 2005; Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001). Lo anterior en base a la alta mortalidad de juveniles en redes de arrastre para captura de camarón, a la pesca ilegal durante su estadio de reproducción (principios de febrero a principios de mayo) y por alteraciones ecológicas de su área de desove (Flanagan y Hendrickson, 1976).

A finales de 1993, la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California inició un proyecto para recolectar reproductores de Totoaba de San Felipe B.C. y reproducirlos en cautiverio (True *et al.*, 1997). Gracias a este proyecto se ha estudiado el efecto de la salinidad (Ortiz, 1999), la temperatura y la bioenergética (Talamás, 2001), el metabolismo activo (Jácome, 2000), la descripción del desarrollo embrionario (Morales, 1999), el desarrollo morfológico en estadio larval

(Sandoval, 2002), así como la composición proximal y contenido de ácidos grasos (Rodríguez, 2003) sin embargo los estudios nutricionales de totoaba son escasos (López *et al.*, 2005).

El desconocimiento de los requerimientos esenciales alimenticios y nutricionales de algunas especies es uno de los problemas a los que se enfrentan los acuicultores para un adecuado cultivo, por lo que requieren de un soporte científico y tecnológico para resolver estos problemas (Abdo *et al.*, 1993).

Las prácticas inadecuadas de alimentación en acuicultura pueden llevar a un gasto inapropiado de alimento o insuficiencia del mismo, resultando en altos costos de producción y contaminación del medio acuático (Azzaydi *et al.*, 1998). Las razones óptimas de crecimiento y la eficiencia alimenticia en peces dependen de la disponibilidad del alimento, teniendo una influencia potencial los métodos de alimentación, frecuencia alimenticia, duración de cada periodo de alimentación, cantidad de alimento suministrado y características de la dieta (Gélineau, 1998). El suministro diario de alimento puede restringirse a un nivel energético óptimo, pero el tamaño de ración que optimiza la eficiencia alimenticia es más bajo que la ración que produce el máximo crecimiento (Talbot, 1993).

Otro de los problemas a los que se enfrentan los acuicultores es la necesidad de obtener un equilibrio entre el pronto crecimiento del pez y el uso eficaz del alimento proporcionado. Cuando se alimentan los peces por medio de alimentadores automáticos, se espera que el crecimiento y la conversión alimenticia sean mejores, porque los peces son capaces de

regular la ingesta de alimento respecto a sus necesidades de energía (Boujard *et al.*, 1996).

El requerimiento cuantitativo de cualquier alimento depende en gran medida de la composición de éste. El nivel de alimentación más eficiente sólo se logra cuando se dispone del suministro correcto de energía y los nutrientes esenciales en las proporciones requeridas por el pez para su mantenimiento y crecimiento (Balfour, 1998).

La cantidad diaria de alimentación ha mostrado una influencia en la ingesta del alimento, razón de crecimiento y eficiencia alimenticia (Gélineau, 1998). Un gran número de especies de peces son capaces de regular la ingesta de alimento dependiendo de la energía contenida en este, una de estas especies es la lubina (*Dicentrarchus labrax*) (Boujard *et al.*, 2004).

Solo una porción del total de la energía química contenida en el alimento ingerido está disponible para el animal (energía neta), misma que es utilizada para el mantenimiento, actividad y crecimiento; aproximadamente el 45 % de la energía ingerida, es perdida como alimento no digerible (heces), excreción metabólica y calor. Aunque las pérdidas energéticas variarán, dependiendo de la composición y digestibilidad de los ingredientes alimenticios utilizados, régimen de alimentación, temperatura del agua, tamaño del pez y estado fisiológico del animal (Lehninger, 1988).

Una ración restringida muy baja puede provocar disminución del crecimiento, mientras que una ración en exceso, solo genera un desperdicio del alimento y contaminación del medio ambiente que rodea al pez

(Storebakken y Austreng, 1987). Es por tanto importante determinar la ración óptima para evitar ambas problemáticas.

Por otro lado, conociendo la composición proximal de los peces y los factores que la afectan podemos conocer la salud del pez y la determinación de la eficiencia con la que éste transfiere los nutrientes a partir del alimento (Shearer, 1994).

Actualmente no existen estudios sobre niveles de alimentación en *T. macdonaldi*, sin embargo, trabajos en varias especies de peces como tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*), trucha arcoiris (*Salmo gairdneri* y *Oncorhynchus mykiss*) y lenguado (*Scophthalmus maximus*), (McGoogan y Gatlin III, 1998; Storebakken y Austreng, 1987; Gelineau *et al.*, 1998; Grayton y Beamish, 1977; Van Ham *et al.*, 2003) reportan la influencia de la ración del alimento sobre el crecimiento y composición del cuerpo.

Dadas las condiciones ambientales de la zona de crianza, su carácter de especie amenazada con extinción y la importancia económica que una vez tuvo y pueda tener *Totoaba macdonaldi* es una especie idónea para la investigación con miras a lograr su cultivo y repoblamiento (Ortiz, 1999). Por lo que, el presente trabajo permitió evaluar el efecto de alimentación por niveles en el crecimiento y composición corporal de juveniles de *T. macdonaldi*.

II.- ANTECEDENTES

La poca información sobre los requerimientos nutricionales de *T. macdonaldi* nos lleva a utilizar información de peces de la familia Sciaenidae y de otras especies afines o que tengan hábitos alimenticios similares y que hayan sido mejor estudiadas.

La mayoría de los estudios en salmónidos (*Salmo gairdneri*, *Salvelinus alpinus*), lubina (*Dicentrarchus labrax*) y bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) sugieren que alimentando a restricción una vez por día limitarán la ingesta de comida y crecimiento, sugieren también, que alimentar a saciedad más de 2-4 veces por día no refuerza la razón de crecimiento (Gélineau, 1998).

McGoogan y Gatlin (1998) estudiaron los requerimientos de proteína y energía para máximo crecimiento en juveniles de tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*, 3.4 g y 5.5 g peso inicial) por medio de la alimentación restringida, en la cual mediante una dieta balanceada (40 % proteína, 7 % lípidos) se proporcionaron diferentes niveles de alimento de acuerdo al peso del organismo. Se reporta que el peso ganado y la eficiencia alimenticia de tambor rojo progreso conforme la razón de alimentación incrementó arriba de 6 g por cada 100 g de peso por organismo.

Daniels y Robinson (1986) determinan que en juveniles de tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*) una dieta con un mínimo de 35 % de proteína es suficiente para obtener una tasa de crecimiento de 0.73 g por día y una composición corporal baja en grasa (6.7 % en base seca) y alta proteína (70 % en base seca). Estos mismos autores, reportaron que entre 15.4 y 17.2 kJ

g^{-1} en la dieta fueron requeridos cuando esta contenía 44 % de proteína. Así mismo, Serrano *et al.* (1992) reportan que los requerimientos de proteína de tambor rojo para un máximo crecimiento son aproximadamente 36 % y de 7-10 % de lípidos, además, que los lípidos mostraron ser utilizados mas eficientemente como fuente de energía que los carbohidratos. La diferencia entre los resultados de estos dos estudios tal vez se explica por diferencias en condiciones que afectan los requerimientos dietéticos, como el tamaño del pez y la temperatura del agua, así como la composición de la dieta (McGoogan y Gatlin, 1998).

McGoogan y Gatlin (1999) determinaron los efectos de la proteína en la dieta y niveles de energía sobre el crecimiento en juveniles de tambor rojo (*S. ocellatus*) utilizando 3 dietas (35, 40 y 45 % de proteína cruda) con un nivel medio y alto de energía digerible (35.2 y 46.4 kJ g^{-1} proteína, respectivamente), utilizando alimentación restringida y a saciedad. Encontraron que con el 40 % de proteína cruda la sobrevivencia no es reducida por la alimentación restringida (93 % sobrevivencia); y que la eficiencia de proteína es mejor en este caso comparado con organismos que fueron alimentados a saciedad.

Azzaydi *et al.* (1998) llevaron a cabo un experimento en el que determinaron el efecto de tres estrategias de alimentación (automática, *ad libitum* y alimentación restringida) en lubina (*Dicentrarchus labrax* L.) utilizando un alimento comercial (49 % proteína; 12 % lípidos; 6.8 % humedad; 11 % cenizas y 21.2 % E.L.N.). Encontraron que la razón de

eficiencia alimenticia más alta se presentaba en peces que habían sido alimentados por medio de un alimentador automático.

III.- OBJETIVOS

-OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de un alimento formulado suministrado por niveles (1, 2, 3, 4 y 5 % en relación a su peso corporal) sobre el crecimiento y composición corporal en juveniles de *Totoaba macdonaldi*.

-OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Evaluar la tasa de crecimiento (TC), tasa de crecimiento específica (TCE), sobrevivencia, índice hepatosomático (IH), eficiencia de conversión alimenticia (ECA), razón de eficiencia proteica (REP) y composición corporal de los organismos en cultivo.
 - 2.- Determinar los contenidos de proteína, lípidos, humedad, ceniza y energía en muestras de organismo entero, músculo e hígado antes y después del experimento de alimentación de juveniles de *Totoaba macdonaldi*.
-

IV.- METODOLOGIA

-CONDICIONES DE CULTIVO

Se obtuvieron 150 juveniles de *T. macdonaldi* de 100 días de edad de la Unidad de Biotecnología en Piscicultura de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, los cuales fueron seleccionados al azar y distribuidos en 15 tanques experimentales de 60 l. El sistema de cultivo contó con un recambio de agua de mar filtrada de 1.46 l min^{-1} , una temperatura de $24 - 25.5^\circ\text{C}$, salinidad de 33 ‰ y oxígeno de $6 \pm 0.5 \text{ mg L}^{-1}$ a lo largo del experimento.

Cada tratamiento de alimentación se evaluó por triplicado, y los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los 15 tanques. Se realizó un periodo de acondicionamiento de 7 días, durante los cuales fueron alimentados con alimento comercial (Skretting, Vancouver, British Columbia, Canada; 50.1 % proteína, 15 % lípidos, 10.8 % cenizas y $5,199 \text{ cal g}^{-1}$) a saciedad. Enseguida, se les racionó el alimento en las proporciones de 1, 2, 3, 4 y 5 % de acuerdo a su peso corporal.

El experimento duró 36 días, periodo durante el cual los organismos fueron alimentados 2 veces al día, mientras que los tanques fueron sifoneados una vez por día. Cada semana se pesaron los organismos en grupo para ajustar la ración del alimento de acuerdo al peso corporal del pez.

Para evitar una jerarquización de alimentación en la que los individuos dominantes aseguren una mayor proporción de alimento en peces subordinados se controló (ofreciendo el alimento primero a los menos dominantes y después al resto) que todos los peces comieran, para así, disminuir la variación de crecimiento entre los organismos del mismo tratamiento.

-MUESTREO Y TOMA DE DATOS

Se tomaron medidas de longitud (cm) al principio y al final del experimento para evitar el estrés de los organismos, mientras que para el peso corporal (g) se considero el peso en grupo cada semana, sin anestesiarse a los organismos, para ajustar la ración diaria de alimento. Cada día se tomaron datos de consumo en g/ración/tanque. Para esto se registró la cantidad exacta de alimento administrado en cada periodo de alimentación. El consumo diario se midió como:

$$\text{Consumo diario (\%)} = (\text{consumo por pez (g)} / \text{peso promedio de un pez (g)}) * 100$$

-ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Se realizó el análisis químico proximal del alimento, organismo completo, músculo e hígados.

Para determinar la cantidad de humedad se utilizó el método de liofilizado (VirTis Freezemobile, modelo 12EL) para muestras de organismo

entero, músculo e hígados. El método de liofilizado consiste en secar la muestra congelada a -80°C sin pasar por el estado líquido con ayuda de una cámara de vacío. Por medio de la siguiente formula se determinó el porcentaje de humedad:

$$\% \text{ Humedad} = 100 - (\text{Peso de muestra seca} / \text{peso de muestra}) \times 100$$

El contenido de proteína cruda en las muestras se determinó cuantificando la cantidad de nitrógeno total por el método microkjeldhal, el porcentaje de proteína en las muestras se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$$

Los lípidos totales se determinaron por extracción con cloroformo:metanol según el método modificado de Folch *et al.* (1957), el cual consiste en pesar 50 mg de la muestra seca molida, a la cual se le agregaron 200 μl de agua destilada, 2 ml de metanol homogenizando por 2 min., posteriormente se le añadieron 4 ml de cloroformo y se agitó vigorosamente por 3 min. Al finalizar la extracción se filtraron la muestras con papel Whatman No. 4, posteriormente se adiciono 1.5 ml de KCl al 1.76 %, dejando reposar para la separación de fases. Se separó la fase inferior de cloroformo y se colocó una alícuota conocida en un tubo de ensayo (a peso constante) y se evaporó el solvente (70°C) en una campana de extracción.

Se pesó el tubo + lípidos y se calculó el contenido de lípidos totales mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Lípidos} = (\text{Peso extracto lipídico} / \text{peso de muestra}) \times 100$$

Las cenizas se estimaron por calcinación a 525°C por 6 horas, de acuerdo a lo recomendado por la AOAC (1995), el porcentaje de cenizas se calculó mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Cenizas} = (\text{Peso del residuo} / \text{peso de muestra}) \times 100$$

-CONTENIDO DE ENERGIA

El contenido calórico (energía bruta) de las muestras liofilizadas de porción muscular, hígado y organismos completos se determinó mediante los valores calóricos de los nutrientes: proteína = 5,450 cal g⁻¹; lípidos = 9,450 cal g⁻¹; carbohidratos = 3,750 cal g⁻¹ (Bureau *et al.*, 2002).

- ENERGIA INGERIDA

Se calculo la energía ingerida por pez por día de cada tratamiento mediante la cantidad de alimento ingerido por día y la energía contenida en el mismo (5,199 cal g⁻¹).

-TASA DE CRECIMIENTO (TC), EFICIENCIA DE CONVERSION ALIMENTICIA (ECA) Y RAZON DE EFICIENCIA PROTEICA (REP)

Se determinó la TC por tratamiento dividiendo la ganancia de peso entre los organismos pesados por los días de duración del experimento (Halver, 1972).

$$TC = \text{ganancia de peso (g)} / \text{organismos pesados (g)} \times \text{días del experimento.}$$

La ECA se obtuvo mediante el peso ganado de los organismos entre el alimento seco (Halver, 1972).

$$ECA = \text{peso ganado (g)} / \text{alimento seco (g)}$$

Mientras que la razón de eficiencia de proteína se determinó mediante el peso ganado entre la proteína total consumida por los organismos (Halver, 1972).

$$REP = \text{peso ganado (g)} / \text{proteína total consumida (g)}$$

-INDICE HEPATOSOMATICO

Se extrajeron los hígados de los peces muestreados, los cuales se pesaron en una balanza analítica para determinar el índice hepatosomático (IH). Este parámetro es definido como la proporción del hígado con respecto al tamaño del organismo (peso de hígado / peso del pez x 100).

-ANALISIS ESTADISTICO

Se compararon las medias entre los diferentes tratamientos de alimentación por medio de análisis de varianza de una vía (ANOVA). Cuando estadísticamente existieron diferencias significativas entre medias por tratamiento, estas se determinaron mediante comparaciones múltiples de Tukey. La normalidad de los datos se estableció por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la homogeneidad de varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene. El nivel de significancia (α) en todas las pruebas fue de 0.05.

V.- RESULTADOS

-Análisis químico proximal

-HUMEDAD

La cantidad de humedad encontrada en *músculo* de juveniles de *T. macdonaldi* alimentados con los 5 tratamientos experimentales presento un intervalo de $77.7 \pm 0.30 \%$ a $78.9 \pm 0.21 \%$ en T5 y T3, respectivamente. Dichos resultados no mostraron diferencias significativas ($P > 0.001$) entre tratamientos (Tabla I).

En *hígado* no se determinó diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0.001$), mostrando un intervalo de humedad entre 72.2 ± 5.45 y $78.8 \pm 3.82 \%$ (T2 y T3, respectivamente).

La cantidad de humedad encontrada en los *organismos completos* mostró un valor máximo de $73.85 \pm 0.20 \%$ para T1 y un valor mínimo de $64.4 \pm 0.29 \%$ para T5. Dichos resultados mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos (Tabla I).

-PROTEINA

El análisis químico proximal de la Tabla I indica que la proteína en el *músculo* de juveniles de *T. macdonaldi* presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. Con un máximo en T1 de $88.4 \pm 0.54 \%$ y un mínimo de $85.8 \pm 0.001 \%$ para T4.

El contenido de proteína en *hígado* mostró un intervalo de 47.6 ± 0.43 % para T2 a 45.8 ± 0.53 % para el tratamiento T1, con diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos (Tabla I).

La cantidad de proteína encontrada en *organismos completos* presentó valores entre 54.2 ± 0.68 % para T5 y 65.2 ± 0.45 % para T2. Se determinó diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos (Tabla I).

-LIPIDOS

La concentración de lípidos en *músculo* (Tabla I) mostró un valor máximo de 8.8 ± 0.21 % para T4 y un valor mínimo de 6.1 ± 0.15 % para el tratamiento T3. Los valores mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos.

La cantidad de lípidos presentes en el *hígado* mostró un mínimo de 16.2 ± 0.70 % para T1 y un máximo de 34.9 ± 0.28 % para T4, se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos (Tabla I).

El contenido de lípidos en *organismos completos* presentó un intervalo de 12.4 ± 0.07 % en T1 a 28.3 ± 0.27 % en T5; con diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos (Tabla I).

-CENIZAS

Las cenizas presentes en *músculo* mostraron un máximo de 6.5 ± 0.04 % en T1 y un mínimo de 4.5 ± 0.07 % en T5. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos (Tabla I).

El contenido de cenizas en *hígado* mostró un intervalo entre 3.9 % para T4 a 5.7 % para T1. Los valores presentes en la Tabla I no presentan error estándar debido a que las muestras de los 3 tanques (replicas por tratamiento) se mezclaron para poder obtener una cantidad suficiente para el análisis proximal.

El porcentaje de cenizas presente en *organismo completos* mostró un intervalo entre 12.1 ± 0.39 % para T5 y de 16.2 ± 0.23 % para T1, los valores presentaron diferencias significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos (Tabla I).

-ENERGIA

La cantidad de energía encontrada en *músculo* de juveniles de *T. macdonaldi* en los 5 niveles de alimentación arrojó un intervalo de $5,415 \pm 33.54$ cal g⁻¹ para T2 a $5,500 \pm 42.46$ cal g⁻¹ en T4. No se determinó diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0.001$) (Tabla I).

La energía encontrada en *hígado* presento un valor máximo de $6,330 \pm 20.05$ cal g⁻¹ para T4 y mínimo de $5,245 \pm 39.98$ cal g⁻¹ para T1. No se determinó diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0.001$) (Tabla I).

En *organismos completos* el intervalo de energía encontrado fue de 4940 ± 23.8 cal g⁻¹ en T1 y de 5831 ± 31.5 cal g⁻¹ para T5, los valores presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos.

Tabla I. Análisis químico proximal (base seca) y contenido de energía (como calorías por gramo de muestra) en músculo, hígado y organismos completos de juveniles de *Totoaba macdonaldi* sometidos a 5 niveles de alimentación.

Análisis químico proximal ¹					
Músculo					
T*	Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Energía
Inicial	86.5 ± 0.68 ^a	80.3 ± 0.92 ^c	6.8 ± 0.18 ^b	8.6 ± 0.06 ^a	5180 ± 23.93
T1	78.6 ± 0.23	88.4 ± 0.54 ^a	6.6 ± 0.21 ^b	6.5 ± 0.04 ^b	5434 ± 8.89
T2	78.5 ± 0.19	87.3 ± 0.45 ^a	6.8 ± 0.14 ^b	6.4 ± 0.05 ^b	5415 ± 33.54
T3	78.9 ± 0.21	88.4 ± 0.40 ^a	6.9 ± 0.27 ^b	6.2 ± 0.05 ^b	5487 ± 0.54
T4	78.5 ± 0.27	85.8 ± 0.01 ^b	8.8 ± 0.21 ^a	5.0 ± 0.09 ^c	5500 ± 42.46
T5	77.7 ± 0.30	86.0 ± 0.27 ^b	8.3 ± 0.39 ^a	4.5 ± 0.07 ^d	5481 ± 50.82
Hígado					
Inicial	72.4 ± 1.56	41.3 ± 0.31 ^c	31.9 ± 0.51 ^b	3.4	6143 ± 32.9 ^b
T1	76.6 ± 3.73	45.8 ± 0.53 ^b	16.2 ± 0.7 ^e	5.7	5245 ± 39.98 ^d
T2	72.2 ± 5.45	47.6 ± 0.43 ^a	24.3 ± 0.79 ^d	5.0	5756 ± 8.03 ^c
T3	78.8 ± 3.82	45.9 ± 0.11 ^b	30.5 ± 0.75 ^c	4.1	6112 ± 8.46 ^b
T4	76.9 ± 2.95	46.9 ± 0.37 ^{ab}	34.9 ± 0.28 ^a	3.9	6330 ± 20.05 ^a
T5	75.6 ± 4.55	46.7 ± 0.30 ^{ab}	33.6 ± 0.25 ^{ac}	4.0	6327 ± 11.89 ^a
Organismos completos					
Inicial	71.1 ± 0.47 ^b	60.3 ± 0.65 ^b	19.1 ± 0.18 ^c	14.9 ± 0.30 ^b	5299 ± 24.7 ^c
T1	73.9 ± 0.20 ^a	64.1 ± 1.05 ^a	12.4 ± 0.07 ^e	16.2 ± 0.23 ^a	4940 ± 23.8 ^d
T2	71.3 ± 0.60 ^b	65.2 ± 0.45 ^a	13.0 ± 0.32 ^e	14.7 ± 0.59 ^a	5049 ± 35.9 ^d
T3	70.8 ± 0.69 ^b	59.8 ± 0.63 ^{ac}	18.6 ± 0.16 ^d	15.1 ± 0.54 ^a	5260 ± 19.6 ^c
T4	65.8 ± 0.40 ^c	55.1 ± 1.2 ^c	23.2 ± 0.47 ^b	14.9 ± 0.40 ^a	5452 ± 36.2 ^b
T5	64.4 ± 0.29 ^c	54.2 ± 0.68 ^c	28.3 ± 0.27 ^a	12.1 ± 0.39 ^c	5831 ± 31.5 ^a

1. Media ± error estándar, n=3

T* = tratamientos

-Parámetros de crecimiento

En la Tabla II se muestran los parámetros de crecimiento de juveniles de *T. macdonaldi* obtenidos a partir de los 5 niveles de alimentación. El intervalo del peso promedio inicial de los organismos fue de 33.3 ± 0.80 g a 35.2 ± 0.42 g, no se determinaron diferencias entre unidades experimentales ($P > 0.001$). Por otro lado, el peso final de los organismos presentó un valor máximo de 75.3 ± 0.63 g (T5) y un mínimo de 48.5 ± 0.89 g (T1), los cuales mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos (Tabla II). Al final del experimento el peso ganado por los organismos sometidos a los 5 niveles de alimentación presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, con un intervalo de 14.9 ± 1.11 g a 40.2 ± 1.01 g en T1 y T5, respectivamente (Tabla II, Figura 1).

En la Figura 1 se muestra el crecimiento (peso promedio) de los organismos a lo largo de 6 semanas de experimentación, esta relación nos muestra que T5 y T2 fueron los tratamientos que tuvieron una mayor ganancia en peso. La ración más baja de alimentación (1 %) causó un incremento en el tamaño y peso de los organismos, sin embargo, fue significativamente diferente al resto de los tratamientos.

La longitud inicial de los organismos (Tabla II) no presentó diferencias significativas ($P > 0.001$). Los resultados de longitud final mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, se presentó un intervalo de 14.9 ± 0.20 cm para T1 a 16.5 ± 0.25 cm en T2 (Tabla II). La longitud ganada al final del experimento mostró diferencias

significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, con un valor mínimo de 1.7 ± 0.08 cm para T1 y un valor máximo de 3.2 ± 0.21 cm para T5 (Tabla II).

El porcentaje de consumo diario obtenido con los 5 niveles de alimentación en juveniles de *T. macdonaldi*, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre sí, con un intervalo de 1.00 ± 0.00 % a 2.04 ± 0.03 % para T1 y T5, respectivamente (Tabla II).

El IH mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, con un intervalo de 1.23 ± 0.08 a 3.34 ± 0.089 para T1 y T4, respectivamente (Tabla II).

La TC de los organismos alimentados con los 5 tratamientos experimentales mostró diferencias significativas entre ellos, con un valor mínimo de 0.43 ± 0.03 g org⁻¹ d⁻¹ para el tratamiento T1 y un valor máximo de 1.24 ± 0.03 g org⁻¹ d⁻¹ para T5 (Tabla II).

La TCE mostró diferencias significativas ($P < 0.050$) entre tratamientos, con un intervalo de 1.02 ± 0.07 % d⁻¹ a 2.12 ± 0.06 % d⁻¹ para T1 y T5, respectivamente (Tabla II).

La ECA no presentó diferencias significativas entre tratamientos, mostrando un intervalo de 0.69 ± 0.04 a 0.79 ± 0.08 para T2 y T1, respectivamente (Tabla II).

La REP (Tabla II) no presentó diferencias significativas ($P > 0.001$) entre tratamientos, mostrando un intervalo de 2.55 ± 0.09 a 2.92 ± 0.15 para

T5 y T2, respectivamente. La sobrevivencia presento diferencias significativas entre tratamientos, con un intervalo de 90 ± 0.00 % para T5 a 100 ± 0.00 % para T2 y T4, respectivamente.

En la Figura 2 se observa que el consumo de proteína por pez por día, el cual aumento rápidamente del tratamiento T1 al T2, llegando a ser menos variable a partir de T2 y teniendo un ligero aumento en T5. Con el mismo patrón, en la Figura 3 se observa la energía ingerida por día por pez para cada tratamiento, en el que a partir de T2 y hasta T5 la energía ingerida se mantuvo menos variable, respecto al tratamiento T1.

Tabla II. Parámetros de crecimiento de juveniles de *Totoaba macdonaldi* expuestos a 5 niveles de alimentación.

Parámetros de crecimiento*					
Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5
Peso inicial (g)	33.6 ± 0.78	34.9 ± 0.87	33.3 ± 0.80	33.6 ± 0.55	35.2 ± 0.42
Peso final (g)	48.5 ± 0.89 ^c	73.3 ± 2.78 ^{ab}	67.3 ± 1.72 ^b	67.5 ± 1.43 ^b	75.3 ± 0.63 ^a
Peso ganado (g)	14.9 ± 1.11 ^c	38.3 ± 2.61 ^{ab}	34.0 ± 1.21 ^b	33.8 ± 1.95 ^b	40.2 ± 1.01 ^a
Longitud inicial (cm)	13.2 ± 0.18	13.3 ± 0.14	13.2 ± 0.17	13.2 ± 0.08	13.3 ± 0.13
Longitud final (cm)	14.9 ± 0.20 ^b	16.5 ± 0.25 ^a	16.0 ± 0.26 ^a	16.3 ± 0.06 ^a	16.5 ± 0.20 ^a
Longitud ganada (cm)	1.7 ± 0.08 ^b	3.2 ± 0.12 ^a	2.8 ± 0.14 ^a	3.1 ± 0.08 ^a	3.2 ± 0.21 ^a
Consumo diario (%) ¹	1.00 ± 0.00 ^c	1.79 ± 0.02 ^b	1.75 ± 0.05 ^b	1.81 ± 0.01 ^b	2.04 ± 0.03 ^a
IH ²	1.23 ± 0.08 ^c	2.28 ± 0.05 ^b	2.59 ± 0.09 ^b	3.34 ± 0.09 ^a	3.29 ± 0.09 ^a
TC (g org ⁻¹ d ⁻¹) ³	0.43 ± 0.03 ^c	1.06 ± 0.09 ^{ab}	0.98 ± 0.06 ^{ab}	0.94 ± 0.03 ^b	1.24 ± 0.03 ^a
TCE (% d ⁻¹) ⁴	1.02 ± 0.07 ^b	2.06 ± 0.12 ^a	1.96 ± 0.03 ^a	1.93 ± 0.10 ^a	2.12 ± 0.06 ^a
ECA ⁵	0.79 ± 0.08	0.69 ± 0.04	0.74 ± 0.02	0.76 ± 0.05	0.78 ± 0.03
REP ⁶	2.57 ± 0.23	2.92 ± 0.15	2.72 ± 0.08	2.65 ± 0.19	2.55 ± 0.09
Sobrevivencia (%)	97.0 ± 3.33 ^a	100.0 ± 0.00 ^a	97.0 ± 3.33 ^a	100.0 ± 0.00 ^a	90.0 ± 0.00 ^b

*Media ± error estándar, n=3

¹ (consumo por pez (g)/peso promedio de un pez (g))*100

² Índice hepatosomático. [IH= peso de hígado / peso del pez * 100]

³ TC: Tasa de crecimiento. [TC = ganancia de peso (g) / organismos pesados (g) x días del experimento]

⁴ TCE= Tasa de crecimiento específica. [TCE= ((ln Peso Final - ln Peso Inicial)*100)/días del experimento]

⁵ ECA: Eficiencia de Conversión Alimenticia. [ECA = (peso ganado (g) / alimento seco (g))]

⁶ REP: Razón de Eficiencia de Proteína. [REP= Peso ganado (g)/ proteína total consumida]

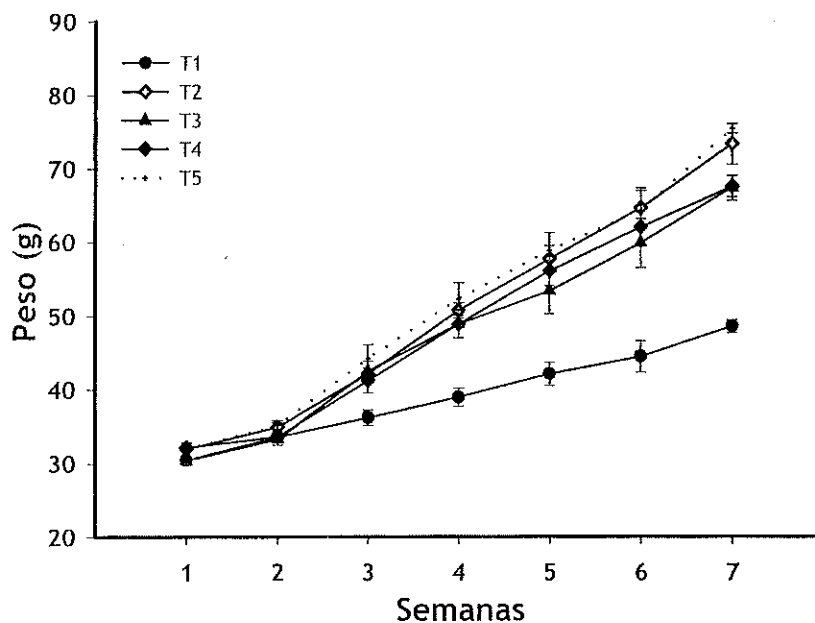


Figura 1. Peso promedio (g) de juveniles de *Totoaba macdonaldi* alimentados con 5 niveles de alimentación durante 6 semanas.

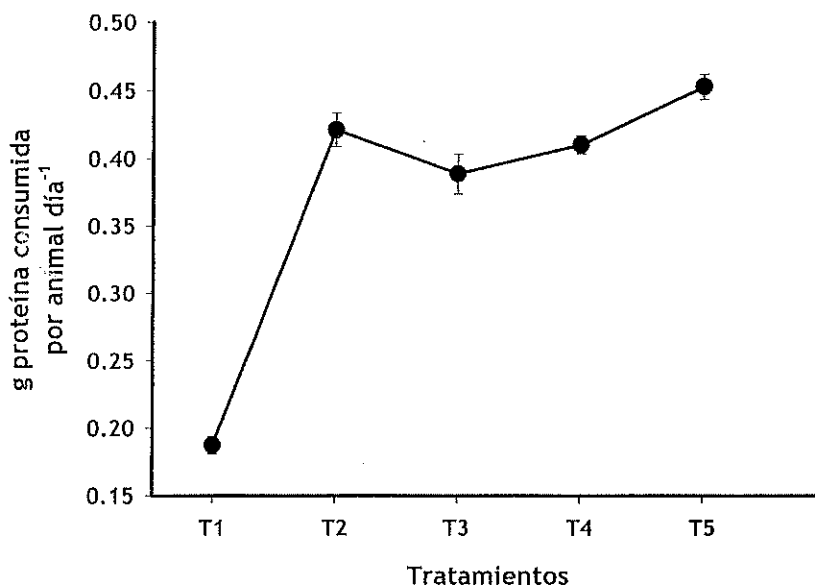


Figura 2. Consumo de proteína por pez por día en cada tratamiento durante el experimento de alimentación por niveles en juveniles de *Totoaba macdonaldi*.

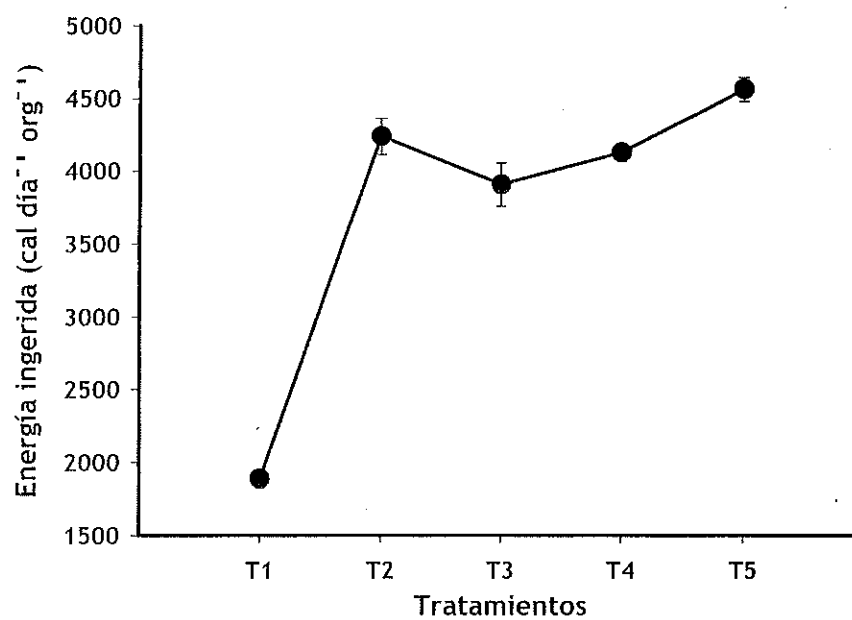


Figura 3. Energía ingerida (calorías) por día por pez para cada tratamiento durante el experimento de alimentación por niveles en juveniles de *Totoaba macdonaldi*.

VI.- DISCUSIONES

- Análisis químico proximal

Generalmente la composición proximal de peces es afectada por varios factores como tamaño del pez, sexo, estadio de vida (endógenos), temperatura, salinidad, ración, frecuencia alimenticia, composición de la dieta, entre otros (exógenos). Shearer (1994) reporta que niveles de proteína y cenizas son determinados por el tamaño del pez, mientras que la humedad del cuerpo es inversamente relacionada a niveles de lípidos. Nuestros resultados coinciden con lo expuesto por este autor.

En los animales superiores, existe una fuerte relación inversa entre contenido de grasa y contenido de humedad en los tejidos (Stirling, 1976), en el presente estudio la relación inversa entre lípidos y humedad fue observada en las muestras de *músculo*, *hígado* y *organismos completos* (Tabla I).

- *MUSCULO*

En el presente estudio las concentraciones de proteína, lípidos y cenizas en *músculo* presentaron una tendencia similar, en la que los tratamientos T1, T2 y T3 fueron similares entre sí, mientras que T4 y T5 lo fueron entre ellos, esta tendencia pudo ser debido a que a partir de T4 el consumo aumento ligeramente con respecto a los demás tratamientos por lo que T4 y T5 fueron similares.

La cantidad de proteínas presente en *músculo* presenta valores entre 80 y 89 %, esto tal vez fue debido a que las proteínas son el material

orgánico más abundante en el tejido muscular del pez, llegando a alcanzar en algunas especies carnívoras durante su estado juvenil temprano un contenido protéico de hasta 90 % en peso seco (Wilson, 2002), sin embargo el contenido de proteínas en tejidos esta determinado básicamente por la información genética de la especie.

Es sabido que los niveles de proteína y energía en la dieta ayudan al crecimiento y composición del cuerpo del pez (Lovell, 1988). En el presente estudio, la cantidad de energía y proteína de la dieta permitió un crecimiento, por lo que podemos sugerir que la calidad fue adecuada, ya que, se menciona que altos niveles de proteína de calidad generalmente resulta en un rápido crecimiento, especialmente para peces carnívoros (McGoogan y Gatlin, 1999). Al mismo tiempo se presenta una relación inversa entre humedad y lípidos.

- HIGADO

La proteína en *hígado* mostró diferencias entre tratamientos aumentando con la ración, excepto T2 quien presentó la misma concentración que el tratamiento con el nivel de ración más alto, esto tal vez a que la REP que se presento en este estudio muestra que la proteína del alimento es eficiente tanto en tratamientos con raciones bajas como las más altas. Meyer Burgdorff *et al.* (1989) determino la REP en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a diferentes niveles de alimentación, en un intervalo de 14 a 25 g kg^{-0.8} d⁻¹, encontrando que el incremento de la ración disminuye la REP.

La concentración de lípidos en *hígado* aumento conforme la ración alimenticia fue mayor y la humedad disminuyó, es importante mencionar que en peces carnívoros cultivados como pez roca (*Sebastes schlegeli*), dorada (*Sparus aurata*), bagre (*Ictalurus punctatus*), se reporta que vísceras es el sitio con mayor acumulación de lípidos (Lee *et al.*, 2002; Webster *et al.*, 1994). La inclusión de lípidos en la dieta juega un papel importante en la salud y crecimiento de los peces, ya sea regulando el consumo, determinando la fuente energética ó formando parte estructural de las membranas celulares.

La energía de *hígado* mostró diferencia significativa debida al comportamiento que presentaron los lípidos.

- ORGANISMO COMPLETO

El contenido de proteína en *organismos completos* fue influenciado por el nivel de alimentación, presentando mayor cantidad de proteína los tratamientos con porcentajes bajos de alimentación respecto a los más altos, esto tal vez debido a que los organismos con niveles bajos de alimento utilizaron más eficientemente la proteína, por lo que la fijación en el tejido fue mayor que en niveles altos de alimentación, contrario a lo que reportan Storebakken y Austreng (1987) en trucha arcoiris (*S. gairdneri*) de 0.5 a 1.0 Kg de peso alimentada a diferentes niveles de alimentación (0.13, 0.25, 0.50, 1.00, 2.00 y 4.00 % alimento peso del pez⁻¹ día⁻¹), Grayton y Beamish (1977) en truchas arcoiris alimentadas a saciedad y con ración restringida (2 % peso del cuerpo) con frecuencias alimenticias de 0.5, 1, 3 y

6 comidas al día y Brett *et.al.* (1969) quien alimento a juveniles de salmón con 0, 1, 5, 3, 4, 5 y 6 % del peso del cuerpo por día y que al igual que los otros autores no encontró efecto de la ración en el contenido de proteína en el cuerpo de peces que recibieron suficiente ración para ganar peso y los cuales utilizaron dietas similares. Estas diferencias entre especies pueden deberse al tamaño del pez y composición de la dieta.

El contenido de lípidos en el *organismo completo* incrementó con el aumento de la ración y, mientras que las cenizas permanecieron constantes en los 4 primeros niveles de alimentación, esto tal vez debido a que las proteínas y lípidos de la dieta fueron bien asimiladas, esto coincide con el estudio hecho por Van Ham *et al.* (2003) con juveniles de lenguado (*S. maximus*) en el que se alimento con una dieta comercial (15 % lípidos, 52 % proteína, 21.5 % carbohidratos y 22.0 MJ kg⁻¹) a saciedad (0.9 % y 1.1 % del peso del cuerpo el día) y con raciones a restricción de 65 % y 35 % a partir del nivel de saciedad, y por Grayton y Beamish (1977) con trucha arcoiris (*S. gairdneri*) alimentada con una dieta formulada (proteína 35 %, lípidos 12 %) a saciedad (hasta que los organismos dejaran de comer) y a restricción (2 % del peso del cuerpo).

La energía presente en *organismos completos* mostraron diferencias entre tratamiento aumentando conforme incrementó la ración, esto tal vez debido a la depositación de lípidos en los tejidos en aquellos organismos que se alimentaron a saciedad.

El consumo de proteína y energía ingerida (Figura 2 y 3, respectivamente) por los juveniles de totoaba en los diferentes niveles de alimentación, mostraron que a partir del 2 % del peso del cuerpo los requerimientos no cambian, esto probablemente se deba a que con esta ración los requerimientos de proteína y energía fueron cubiertos para promover un buen crecimiento y desempeño de los organismos.

- Parámetros de crecimiento

La longitud y el peso ganado (Tabla II) no presentan diferencias significativas entre tratamientos a partir de T2. Según Lovell (1977), los alevines de bagre de canal en fase natatoria requieren de 6 % a 10 % del peso corporal al día, y cuando alcanzan un peso de 3.6 g y 14 cm de longitud requieren alrededor del 3 % de su peso corporal al día para su crecimiento normal, dependiendo del contenido energético de la dieta, esto difiere un poco a lo encontrado en este estudio, donde a partir del 2 % del peso del cuerpo es suficiente para un óptimo crecimiento en organismos de 13 cm de longitud, alimentados con una dieta que contenía 50.1 % proteína, 15 % lípidos, 10.8 % cenizas y 5,199 cal g⁻¹. Gamighin y Kanidjev (1979) encontraron una correlación directa entre la razón de crecimiento y la cantidad de alimento suministrado a juveniles de salmón. La saciedad completa en este caso fue lograda en el nivel del 2 %. Resultados similares fueron encontrados en juveniles de salmón del atlántico alimentados a diferentes niveles de alimentación desde 0.50 % del peso del cuerpo por día

hasta 3.25 % del peso del cuerpo por día en intervalos de 0.25, a partir de este estudio, el nivel de alimentación que produjo un máximo crecimiento fue de 1.0 % y a partir de este nivel el aumentar la alimentación no produjo un crecimiento extra (Storebakken y Austreng, 1987).

McGoogan y Gatlin III (1998) sugieren que tanto peso como proteína ganados son medidas apropiadas para predecir requerimientos para máximo crecimiento, por lo que en este experimento es probablemente apropiado mencionar, que, al ser el nivel 2 % uno de los que produjo una mayor talla y peso después del nivel de 5 %, es por tanto, la ración que probablemente sea recomendada para juveniles de totoaba.

Al observar un ligero crecimiento en T1 se puede señalar que la cantidad de alimento requerido para mantenimiento es menor al 1 % del peso del cuerpo, debido a que aún con esta cantidad de alimento los peces presentaron un desarrollo en longitud corporal y ganancia en peso.

- CONSUMO Y SOBREVIVENCIA

En el presente estudio la baja alimentación no causó mortalidad, lo cual concuerda con Storebakken y Austreng, 1987 en trucha arcoiris (*Salmo gairdneri* Richardson) de 0.5-1 kg de peso, alimentados con raciones de 0.13, 0.25, 0.50, 2.0 y 4.0. Y contrasta con los resultados obtenidos en salmón del Atlántico (*Salmo salar* L.) alimentados con raciones de 0.50, 0.75 y 1.25-3.25 en el que se presentó mortalidad en organismos pequeños

(Storebakken y Austreng, 1987), estas diferencias respecto a los resultados del presente estudio pueden ser debido a la edad y el tamaño del pez.

Los niveles de consumo de alimento para peces están calculados generalmente en relación a los requerimientos específicos de energía de estos, por lo que ofrecer alimento con exceso de energía puede resultar en un decremento en el consumo. Excesos o deficiencias de energía disponible en la dieta han sido relacionados a una reducción en la tasa de crecimiento (Turano *et al.*, 2002; Torres Cobian, 2004). En el presente estudio, la energía del alimento fue probablemente la adecuada, debido a que el crecimiento y reproducción se da cuando hay exceso de energía para mantenimiento (Cox y Coutant, 1981).

El crecimiento de los peces depende de diversos factores, entre los cuales el tamaño de la ración y el peso corporal son de especial importancia (Balfour, 1988). Sin embargo, la composición del alimento puede afectar el consumo en peces alimentados por medio de la restricción, pero cuando los organismos son alimentados a saciedad, el consumo es principalmente determinado por la temperatura del agua, fisiología digestiva y habilidad para digerir el alimento (Li y Lovell, 1992).

- INDICE HEPATOSOMATICO

El IH aumentó con el incremento de la ración, una probable razón para este incremento, es tal vez, que el tamaño del hígado es a menudo asociado con la cantidad de nutrientes en el alimento y el balance entre ellos (Storebakken y Austreng, 1987) por lo que al aumentar la ración, el

organismo tuvo la necesidad de metabolizar mayor cantidad de carbohidratos y proteína provocando así uno de los factores por los que el hígado aumenta su tamaño (Storebakken y Austreng, 1987), esto coincide con lo reportado por Serrano (1992) en el que el incremento del IH esta en función de la concentración de los carbohidratos y la proteína en la dieta, también se considera que un incremento en el IH esta asociado con el incremento de humedad y lípidos contenidos en el hígado, esto se observa en el presente estudio. Estos mismos autores reportaron para trucha arcoiris (*Salmo gairdneri*) niveles de 1.5 en IH para peces alimentados en un nivel de 2.0 % de alimento peso del pez⁻¹ día⁻¹, así mismo, este nivel de alimentación fue el que presentaron las ECAs más deseables (0.72), dichos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo.

- TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA

Varios estudios en diferentes especies de peces han revelado que al aumentar la temperatura y la ración, la TCE aumenta, y al disminuir la ración los valores de TCE disminuyen (Wurrttsbaugh y Davis, 1977; Cui y Wootton, 1988; Xiao-Jun y Ruyung, 1992). En el presente estudio los organismos se mantuvieron a una temperatura constante, la TCE no presentó diferencias significativas a partir del 2 % del peso del cuerpo, por lo que la TCE no fue afectada por el nivel de ración ya que a pesar de tener 5 raciones solo existió diferencia significativa en T1 con respecto al resto de los tratamientos, por lo que podemos sugerir que es recomendable

alimentar alrededor del 2 % del peso corporal al día a juveniles de *T. macdonaldi* de 100 días de edad para obtener valores de TCE comparables.

Con estos resultados podríamos decir que los cultivos comerciales podrían proporcionar una ración de alrededor del 2 % del peso del cuerpo de alimento conteniendo 50,1 % proteína, 15 % lípidos, 10.8 % cenizas y 5,199 cal g⁻¹, sin embargo, se debe considerar en estudios posteriores la determinación de la digestibilidad de los macro nutrientes presentes en la dieta, así como de la energía digestible del mismo.

- EFICIENCIA DE CONVERSION ALIMENTICIA

Los valores de ECA obtenidos en este experimento fueron de 0.6 a 0.7 lo que coincide con el estudio hecho por McGoogan y Gatlin (1998) en juveniles de tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*, 3.4 g y 5.5 g peso inicial), la ECA obtenida fue de 0.7 cuando se alimentó con 5.5 y 6 g por cada 100 g de peso de organismo por día mediante una dieta balanceada (40 % proteína, 7 % lípidos y 13.4 kJ), sus datos muestran que el peso ganado y la eficiencia alimenticia aumentaron progresivamente conforme la razón de alimentación incrementó arriba de 6 g por cada 100 g de peso de cada organismo.

El nivel de ración ha mostrado ser importante para el crecimiento, conversión alimenticia y composición química de trucha arcoiris (*Salmo gairdneri*, Richardson) (Huisman, 1976; Grayton y Beamish, 1977), sin

embargo para *T. macdonaldi* la conversión alimenticia no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, esto porque a partir del tratamiento T2 los organismos no consumieron mas del 2% del peso del cuerpo y por lo tanto la conversión alimenticia no cambio.

Un óptimo nivel de alimentación, con respecto a la ECA puede lograrse a bajos niveles de alimentación, ya que estos fueron suficientes para un máximo crecimiento, esto coincide con lo encontrado por Alanara (1992) en trucha arcoiris de 1.1-1.2 kg (*Oncorhynchus mykiss*) en el que se alimento usando cada uno de los siguientes regímenes y técnicas de alimentación: a) sin restricción; b) con restricción usando un alimentador automático y c) con restricción usando un alimentador automático y un timer. Se observó que los niveles en restricción fueron suficientes para un máximo crecimiento y que mostraron una buena eficiencia alimenticia (1.08 y 1.37).

Bajo condiciones de raciones bajas de alimentación, los peces tienden a optimizar su digestión, a utilizar nutrientes en el alimento más eficientemente, de este modo incrementa la ECA (Meyer-Burgdorff *et al.*, 1989; Zoccarato *et al.*, 1994). Sin embargo, en este estudio la ECA no tuvo diferencias significativas entre tratamientos, por lo que es importante considerar que la ECA en peces está influenciada por factores como valores biológicos del alimento (calidad proteica), la ración entre diferentes nutrientes (cantidad de lípidos, proteínas y carbohidratos), requerimientos de mantenimiento, entre otros (Brett y Groves, 1979).

Usualmente la mejor ECA es obtenida bajo saciedad (Meyer-Burgdorff *et al.*, 1989; Zoccarato *et al.*, 1994) y a temperaturas ligeramente bajas, esto estimula la razón de crecimiento máxima (Imsland *et al.*, 2000). Sin embargo, en este estudio el mejor crecimiento se presentó tanto a saciedad como en el nivel de 2% del peso del cuerpo del organismo al día y no se obtuvieron diferencias significativas entre los valores obtenidos en ECA para los diferentes niveles de alimentación. En peces comerciales cultivados, la alimentación restringida sin supresión de crecimiento es preferible por razones económicas y medioambientales (Van Ham *et al.*, 2003) por lo que lo obtenido en este estudio sería de utilidad para el cultivo de *T. macdonaldi*.

Van Ham *et al.* (2003) reportan la mayor ECA (1.30 ± 0.05 g/g) en juveniles de lenguado (*S. maximus*) alimentados con una dieta comercial (15 % lípidos, 52 % proteína, 21.5 % carbohidratos, y $5,255 \text{ cal g}^{-1}$) a 16°C , bajo alimentación restringida del 65 % de un nivel del 1.1 % del peso del cuerpo por día. Los resultados obtenidos para totoaba no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos mostrando valores bajos (entre 0.69 ± 0.04 y 0.79 ± 0.08), ya que para peces como trucha arcoiris y bagre (carnívoros) se reportan valores de 1.5 y 1.8 (De Silva, 1995), respectivamente. Mejores ECA (entre 2.65 y 3.45) a raciones bajo saciedad y en temperaturas constantes son comúnmente observadas en peces como trucha arcoiris (Wurtsbaugh y Davis, 1977), pez roca (Cox y Coutant, 1981), carpa (Cui y Wootton, 1988) y bagre de canal (Li y Novell, 1992).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son de especial importancia por tratarse de una especie poco conocida y con un alto valor tanto comercial como medioambiental. El cultivo de especies en cautiverio requiere de información de la especie para su crecimiento óptimo en el menor tiempo posible, el alimento es uno de los factores más importantes en la acuicultura, por lo que se estima que los resultados obtenidos en este trabajo son un aporte para avanzar en el conocimiento de la nutrición de *T. macdonaldi*. De acuerdo a las condiciones experimentales utilizadas, los juveniles de *T. macdonaldi* no requirieron una ración alimenticia mayor del 2% del peso del cuerpo para crecer y mantener una composición adecuada del cuerpo. Este estudio se contempla como una contribución para el desarrollo de ulteriores trabajos encaminados a la determinación de los requerimientos nutricionales de *T. macdonaldi*.

VII.- CONCLUSIONES

1. La composición corporal de juveniles de totoaba mostró diferencias significativas debido a la ración alimenticia.
 2. El mayor crecimiento en longitud ganada (cm) y peso ganado (g) de totoaba se registró a partir del tratamiento T2.
 3. Con el tipo de dieta suministrada es posible alimentar con 2 % del peso del cuerpo a juveniles de *T. macdonaldi* sin afectar su TCE, REP y ECA.
 4. La ECA y REP no fueron afectados por los niveles de alimentación en juveniles de *Totoaba macdonaldi*.
 5. El consumo diario en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 fueron entre 1.75 y 2.04 %.
 6. La cantidad de alimento requerido en juveniles de *Totoaba macdonaldi* para mantenimiento es menor al 1 % del peso del cuerpo.
 7. El IH aumentó con el aumento del nivel de ración.
 8. El nivel de alimentación del 1% causo mortalidades bajas (3%) en juveniles de *Totoaba macdonaldi*.
-

VIII. LITERATURA CITADA

- Abdo P.M., Cruz S.E. y Ricque M.D. 1993. Especificaciones de harinas y aceites de pescado para nutrición animal acuícola. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola I. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. 12 al 14 de febrero de 1993. Monterrey, Nuevo León, México.
- Alanara A. 1992. Demand feeding as a self-regulating feeding system for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in net-pens. *Aquaculture*. 108: 347-356.
- Almeida M., Morales G. y Román M. 1991. Aspectos sobre la aclimatación de juveniles de totoaba, *Totoaba macdonaldi*, (Gilbert) en condiciones de cautiverio. *Ecológica*. 2: 7-12p.
- A.O.A.C. 1995. Official methods of Analysis of AOAC. 16th edition. Arlington, VA.
- Azzaydi M., Madrid J.A., Zamora S., Sánchez F.J. y Martínez F.J. 1998. Effect of three feeding strategies (automatic, *ad libitum* demand-feeding and time-restricted demand feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*. 163: 285-296 p.
- Balfour H. 1988. Nutrición de Peces Comerciales en estanques. Limusa. Grupo Noriega Editores. México.
- Berdegúe A.J. 1955. La pesquería de la totoaba (*Cynoscion macdonaldi*) en San Felipe, Baja California. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 16 (1-4): 45-78.
- Boujard T., Jourdan M., Kentouri M. y Divanach P. 1996. Diel feeding activity and the effect of time-restricted self-feeding on growth and feed conversion in European sea bass. *Aquaculture*. 139: 117-127
- Boujard T., Gélineau A., Covés D., Corraze G., Dutto G., Gasset E. y Kaushik S. 2004. Regulation of feed intake, growth, nutrient and
-

- energy utilization in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed high fat diets. *Aquaculture*. 231: 529-545
- Brett J. R. y Groves T.D.D. 1979. Physiological energetics. In: Hoar, W.S., Randall, d.J., Brett J.R. Bioenergetics and growth. Fish Physiology, Vol VIII. Academic Press, London.
- Brett J.R., Shelbourn J.E. y Shoop C.T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to temperature and ration size. *J. Fish. Res. Board Can.* 26: 2363-2394.
- Brown M.E. 1957. Experimental studies on growth. In *Physiology of Fishes* (Ed. Brown, M.E.), Vol.1, New York, Academic Press.
- Bureau D. P., Sadasivam J.K., Young C. 2002. Bioenergetics. In: Halver, J. E., Hardy R.W. (Eds.). Fish Nutrition. Academic Press, USA.
- Canon R. 1966. The Sea of Cortes. Lane Magazine and Book Co. Menlo Park California.
- Chávez H. 1973. Descripción de los ejemplares juveniles de totoaba, *Cynoscion macdonaldi* Gilbert. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 34: 293-300.
- Chute G. R. 1930. Seen know, a regal soup-stock. *California Fish and Game*. 16: 23-35.
- Convention on international trade in endangered species (CITES) 2005. The first meeting of the conference of the parties to the international trade in endangered species of the wild fauna and flora. Appendices I, II and III. Bern, Switzerland.
- Cox D.K. y Coutant C.C. 1981. Growth dynamics of juvenile striped bass as functions of temperature and ration. *Transactions of the American Fisheries Society*. 110: 226-238.
- Cui Y. y Wootton J. 1988. Bioenergetics of growth of a cyprinid, *Phoxinus phoxinus* (L.): the effect of ration and temperature on growth rate and efficiency. *Journal Fish Biology*. 33:763-773.
- Daniels W.H. y Robinson E.H. 1986. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*. 53: 243-252.

- De Silva S.S. 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman and Hall Editors. London.
- Diario Oficial de la Federación, 1975. Decreto por el cual se establece veda total para la captura de la especie Totoaba (*Cynoscion macdonaldi*) en aguas del Golfo de California, desde la desembocadura del Río Colorado hasta el Río Fuerte, Sinaloa, en la costa oriental; y del Río Colorado a Bahía Concepción, BCS, en la costa occidental. Tomo CCCXXI, No. 24, pp. 31.
- Evans D.H. 1998. The Physiology of Fishes. CRC. USA.
- Flanagan C.A. y Hendrickson J.R. 1976. Observation on the commercial fishery and reproductive biology of the totoaba *Cynoscion macdonaldi*, in the northern Gulf of California. *Fishery Bulletin*. 74(3): 531- 544.
- Gamighin E. A. y Kanidzev A.N. 1979. Feed mixture composition, feeding periodicity and diurnal ration as factors governing the efficiency of *Salmo salar* L. smolt rearing. Proc. 7th Japan-Soviet Joint Symp. *Aquaculture*, Sept. 1978, Tokyo.
- Gélineau A., Corraze G. y Boujard T. 1998. Effects of restricted ration, time-restricted access and reward level on voluntary food intake, growth and growth heterogeneity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on demand with self-feeders. *Aquaculture*. 167: 247-258 p.
- Grayton B.D. y Beamish. 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*. 11: 159-172.
- Halver J.E. 1972. Fish Nutrition. Academic Press, INC. Orlando, Florida.
- Hepher B., Liao I.C., Cheng S.H. y Hsieh C.S. 1983. Food utilization by tilapia effect of diet composition feeding level and temperature on utilization efficiency for maintenance and growth. *Aquaculture*. 32: 255-275.

- Huisman E.A. 1976. Food conversion efficiencies at maintenance and production levels for carp, *Cyprinus carpio* L., and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture*. 9: 259-273.
- Imslund A.K., Foss A., Naevdal G., Cross T., Wendelaar B. S.E., Van Ham E.H. y Stefansson S.O. 2000. Countergradient variation in growth and food conversion efficiency of juvenile turbot. *Journal Fish Biology*. 57:1213-1226.
- Jácome M. I. 2000. Metabolismo activo como indicador de la aclimatación al ejercicio sostenido en juveniles de *Totoaba macdonaldi*. Tesis de maestría, UABC-FCM. Ensenada B.C. México. 72 pp.
- Jobling M. 1993. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In: Rankin, J.C., Jensen, F.B. Fish Ecophysiology. Chapman & Hall, London.
- Jobling M., Koskela J. y Winberg S. 1999. Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain serotonergic activity. *Journal Fish Biology*. 54:437-449.
- Kiessling A., Storebakken T., Asgard T. y Kiessling K.H. 1991. Changes in the structure and function of the axial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. I. Growth dynamics. *Aquaculture*. 93: 335-356.
- Lee Moon H.Y. y Gatlin III D.M. 1994. Effects of dietary animal proteins on growth and body composition of the red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*. 120 : 327-340.
- Lee S. M., Im G.J. y Jong Y.L. 2002. Effects of digestible protein and lipid level in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*. 211: 227-239.
- Lehninger A. 1988. Bioquímica. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 1117 pp.
- Li M. y Novell R.T. 1992. Growth, feed efficiency, and body composition of second and third year channel catfish fed various concentrations of

- dietary protein to satiety in production ponds. *Aquaculture*. 103: 153-163.
- López L.M., Durazo E., Rodríguez G.A., True C.D. y Viana M.T. 2006. Proximate composition and fatty acid profile of wild and cultured juvenile *Totoaba macdonaldi*. *Ciencias Marinas* 32: 25-29.
- Lovell R.T. 1977. Feeding practices. In Nutrition and Feeding of channel catfish. *Southern Cooperative Series*. 218: 50-55.
- Lovell R.T. 1988. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Martínez D. M. E. y Corona G. M. E. 1992. Impacto de la pesca deportiva sobre las poblaciones y comunidades de *Totoaba macdonaldi* en la región de la grandes islas del Golfo de California, México. Reporte Técnico de Avance. II Reunión Plenaria del Comité Técnico para la protección de la Vaquita Marina y la Totoaba. Hermosillo, Son. 10-11 diciembre de 1992.
- McGoogan B.B. y Gatlin III D.M. 1998. Metabolic requirements of red drum, *Sciaenops ocellatus*, for protein and energy based on weight gain and body composition. *The Journal of Nutrition*. 128: 123-129.
- McGoogan B.B. y Gatlin III D.M. 1999. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus* I. Effects of dietary protein and energy levels. *Aquaculture*. 178: 333-348
- Meyer- Burgdorff K.H., Osman M.F. y Gunther K.D. 1989. Energy metabolism in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 79: 283-291.
- Morales O.C. 1999. Descripción del desarrollo embrionario de *Totoaba macdonaldi* en condiciones de laboratorio. *Tesis de licenciatura*, UABC- FCM. Ensenada B.C. México. 56pp.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Consulta en Internet;

<http://www.ine.gob.mx/ueajei/norma59b.html>.

- Ortiz V.D. 1999. Regulación iónica y osmótica de los juveniles de *Totoaba macdonaldi* ante cambios de salinidad. *Tesis de Maestría*, FCM-UABC. Ensenada B.C. México. 67pp.
- Pedrin O.O, Cordova M. J.H. y Delgado M. M. 2001. Crecimiento y mortalidad de la totoaba, *Totoaba macdonaldi* del alto golfo de California INP. SAGARPA. México. *Ciencia Pesquera*. No. 15.
- Rodríguez G. M. A. 2003. Composición proximal y contenido de ácidos grasos en juveniles de *Totoaba macdonaldi* del alto Golfo de California. *Tesis de Licenciatura*, UABC-FCM. Ensenada B.C., México. 44pp.
- Rosales J. F. y Ramírez G. E. 1987. Estado actual del conocimiento sobre la totoaba (*Cynoscion macdonaldi*) Gilbert 1890. *Secretaría de Pesca*. México, 41 p. ISBN. 968- 817- 086- 0
- Ruiz M. y Dura F. 1980. Recursos pesqueros de las costas de México Ed. Limusa.
- Sandoval S.G. 2002. Desarrollo morfológico de *Totoaba macdonaldi*. (Gilbert, 1890) durante su estadio larval *Tesis de licenciatura*, UABC-FCM. Ensenada B.C., México. 57 pp.
- Serrano J.A., Nematipour G.R. y Gatlin D.M. III. 1992. Dietary protein requirement of the red drum and relative use of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture*. 101: 283-291.
- Shearer K.D. 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*. 119: 63-88.
- Steffens W. 1989. Proteins. In: W. Steffens (Editor), *Principles of Fish Nutrition*. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
- Stirling H.P. 1976. Effects of experimental feeding and starvation on the proximate composition of the European bass *Dicentrarchus labrax*. *Marine Biology*. 34: 85-91.
-

- Storebakken T. y Austreng E. 1987. Ration level for salmonids. I. growth, survival, body composition, and feed conversion in atlantic salmon fry and fingerlings. *Aquaculture*. 60: 189-206.
- Storebakken T. y Austreng E. 1987. Ration level for salmonids. II. growth, feed intake, protein digestibility, body composition, and feed conversion in rainbow trout weighing 0.5-1.0 kg. *Aquaculture*. 60: 207-221.
- Talamás R.E. 2001. Efecto de la temperatura sobre la preferencia térmica y el metabolismo de juveniles de *Totoaba macdonaldi*. *Tesis de maestría*, CICESE. Ensenada B.C., México. 63 pp.
- Talbot C. 1993. Some aspects of the biology of feeding and growth in fish. *Process for Nutrition Society*. 52, 403- 416.
- Torres C. A. L. 2005. Respuesta de juveniles de corvina blanca *Atractoscion nobilis* a diferentes concentraciones de lípidos en la dieta. *Tesis de maestría*. UABC-FCM. Ensenada B.C., México.
- True C. D., Silva L.A. y Castro C.N. 1997. Acquisition of Broodstock of *Totoaba macdonaldi*: field handling, decompression, and prophylaxis of an endangered species. *Progressive Fish-Culturist*. 59:246-248.
- Turano M.J., Davis D.A. y Arnold C.R. 2002. Optimization of growout diets for red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture Nutrition*. 8:95-101.
- Van Ham E.H., Berntssen H.G., Imsaland A. K., Parpoura A.C., Wendelaar Bonga S.E. y Stefansson S.O. 2003. The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*. 217: 547-558.
- Webster A.D., Tidwell J.H., Goodgame L.S. y Yancey D.H. 1994. Effects of fasting on fatty acid composition of muscle, liver and abdominal fat in chanel catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 25:126-134.
- Wilson R. 2002. Amino acids and proteins. In *Fish Nutrition*. Halver J.E. y Hardy R. W. Academic Press.

- Wurtsbaugh W.A. y Davis G.E. 1977. Effects of fish size and ration level on the growth and food conversion efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal Fish Biology*. 11: 99-104.
- Xiao-Jun. X. y Ruyung S. 1992. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): growth rate as a function of ratio level and temperature. *Journal Fish Biology*. 40: 719-730.
- Zoccarato I., Benatti G., Bianchini M.L., Boccignone M., Conti A., Napolitano R. y Palmegiano G.B. 1994. Differences in performance, flesh composition and water output in relation to density and feeding levels in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), farming. *Aquaculture Fish Management*. 25: 639-647.

