

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**



**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**



**REEMPLAZO DE LA HARINA DE PESCADO POR CONCENTRADO  
DE PROTEÍNA DE SOYA EN DIETAS PARA JUVENILES DE  
TOTOABA (*TOTOABA MACDONALDI*) SUPLEMENTADAS CON  
DIFERENTES NIVELES DE TAURINA.**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECOLOGIA MOLECULAR Y  
BIOTECNOLOGIA**

**PRESENTA**

**HERACLIO MANUEL ESPINOSA ACEVEDO**

**ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. SEPTIEMBRE 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA  
Facultad de Ciencias Marinas  
Instituto de Investigaciones Oceanológicas  
POSGRADO EN ECOLOGÍA MOLECULAR Y BIOTECNOLOGÍA

“Reemplazo de la harina de pescado por concentrado de proteína de  
soya en dietas para juveniles de totoaba (*Totoaba macdonaldi*)  
suplementadas con diferentes niveles de taurina”

TESIS

Como requisito parcial para la obtención del grado de:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN ECOLOGÍA MOLECULAR Y BIOTECNOLOGÍA

PRESENTA

HERACLIO MANUEL ESPINOSA ACEVEDO

APROBADA POR:

Dr. Mario Alberto Galaviz Espinoza  
Director de Tesis

Dra. Lus Mercedes López Acuña  
Sinodal

Dr. Carlos Alfonso Álvarez González  
Sinodal

Ensenada, B. C. agosto de 2017

## **DEDICATORIA**

Dedicado a  
mi familia y amigos  
por su apoyo incondicional

Cuando dudes de actuar, siempre entre “hacer” y “no hacer” escoge hacer. Si te equivocas  
tendrás al menos la experiencia.

Jodorowsky

## **AGRADECIMIENTOS**

**AGRADECIMIENTOS PARA LA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA  
Y**

**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
POR SU ACEPTACION Y FORMACION COMO ESTUDIANTE DURANTE EL  
PROGRAMA DE POSGRADO Y POR PERMITIRME PERTENECER A ESTA GRAN  
UNIVERSIDAD.**

**ASI MISMO AGRADEZCO AL  
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONACYT)  
POR LA BECA OTORGADA PARA LA REALIZACION DE LA MAESTRIA DENTRO  
DE LOS PROGRAMAS NACIONALES DE POSGRADOS DE CALIDAD**

**ES TAMBIEN PARA MI UN GUSTO AGRADECER A LOS GRUPOS DE TRABAJO  
DE LOS LABORATORIOS**

**UNIDAD DE BIOTECNOLOGIA EN PISCICULTURA (UBP)  
LABORATORIO DE NUTRICION ACUICOLA  
Y DE MANERA ESPECIAL A LOS MIEMBROS DEL COMITÉ DE TESIS  
DRA. LUS MERCEDES LOPEZ ACUÑA  
DR. ALFONSO ÁLVARE GONZÁLEZ  
DR. MARIO ALBERTO GALAVIZ ESPINOZA**

**A LOS COMPAÑEROS QUE FORMARON PARTE IMPORTANTE PARA LA  
REALIZACION DEL PROYECTO DE INVESTIGACION**

**M.C. HONORIO CRUZ LOPEZ  
L.B.A. MARIO GUIJARRO**

**A LOS MAESTROS INVESTIGADORES QUE HAN SIDO PARTE DE  
MI FORMACIÓN COMO ESTUDIANTE.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Dr. Mario Alberto Galaviz Espinoza**

Laboratorio de Nutrición Acuícola

Facultad de Ciencias Marinas. UABC

**Dra. Lus Mercedes López Acuña**

Laboratorio de Nutrición Acuícola

Facultad de Ciencias Marinas. UABC

**Dr. Alfonso Álvarez González**

Universidad Juárez Autónoma de

Tabasco

**Dr. Conal David True**

Unidad de Biotecnología en

Piscicultura

Facultad de Ciencias Marinas. UABC.

**Dr. Sergio Rodríguez Morales**

Facultad de Química UNAM

**M.C. Honorio Cruz López**

Laboratorio de Nutrición Acuícola

Facultad de Ciencias Marinas. UABC

Este trabajo no podría haber sido posible sin su cooperación.

## **Introducción**

El alto impacto de las pesquerías sobre las especies de importancia comercial dado su valor económico y nutricional como fuente de proteína de calidad para consumo humano ha generado la disminución de los individuos en su hábitad natural junto con otras especies capturadas de manera incidental, ante esta situación el desarrollo de biotecnologías que promuevan e intensifiquen la adquisición de un número mayor de crías para fines de repoblación del hábitad y producción en cautiverio mediante la utilización de técnicas de cultivo en cuerpos de agua abiertos o cerrados bajo diferentes escalas de producción como extensivo, semi-intensivo e intensivo se ha venido desarrollando por medio de la acuicultura (Mata, 2010; Castello, 1993).

La acuicultura ha participado en el aumento de la producción mundial de pescados y mariscos a escalas que llegan a ser cada vez de mayor volumen que las que se podrían obtener por las pesquerías, debido a que las principales zonas de captura mundial se encuentran en un estado de sobreexplotación, desequilibrio y sin posibilidades de recuperación (FAO, 2012).

Por medio de las prácticas y técnicas acuícolas desarrolladas en aguas interiores y continentales ha ido creciendo la producción de alimento en el mundo, con el fin de satisfacer y garantizar la seguridad alimentaria con una fuente de proteína de alta calidad, sumando a esto las ventajas y desventajas de esta actividad, entre estas últimas se encuentran una necesidad mayor de insumos para satisfacer el crecimiento de la industria, como es el aceite y la harina de pescado para la fabricación de alimento, dada su utilidad principal como fuente de proteína, que además representan los más altos los costos de

producción desde el aspecto económico de la empresa, y que repercute más cuando se intenta cultivar especies carnívoras ya que requieren un mayor aporte y porcentaje en sus dietas (Castelló-Orvay, 2000).

La principal fuente de proteína es la harina de pescado, compuesta a partir de los subproductos de la pesquería, especies de captura incidental y derivados del procesamiento de los productos pesqueros (vísceras y partes del pescado), se encuentra cada vez más demandada y ante la disminución y escases debida a la baja oferta en los volúmenes de producción de la industria del aceite y la harina de pescado, debido a esto su valor económico ha aumentado en una magnitud que pone en peligro el crecimiento de esta actividad primaria al no garantizar la rentabilidad siendo imposible disminuir los costos de producción (Asche et al., 2013).

Como estrategias se han originado investigaciones en alimentación y nutrición con fuentes de proteínas alternativas, entre estas se encuentran derivados de la industria animal, así como de productos agrícolas, principalmente granos, legumbres, tubérculos y semillas oleaginosas, entre los que se encuentran la proteína de papa, harina de trigo, cebada, harina de arroz, harina de maíz y harina de soya, así como sus concentrados obtenidos por diversos métodos de procesamiento, aislamiento y/o purificación de los nutrientes, que han sido probados y utilizados en estudios de la alimentación y nutrición de peces omnívoros y carnívoros (Hua & Bureau, 2012; Collins et al., 2013).

El éxito de la utilización de fuentes de proteína vegetal ha variado entre los hábitos alimenticios y capacidad digestiva de los peces, observándose menor éxito de reemplazo de la harina de pescado por fuentes vegetales en especies carnívoras. Lo anterior posiblemente debido al tamaño de su tubo digestivo y la presencia de enzimas digestivas que permiten la digestión de los nutrientes esenciales de la dieta inerte, además de la presencia de

compuestos o factores antinutricionales presentes en las fuentes vegetales (Kumar et al., 2005).

Las proporciones utilizadas como reemplazo de la harina de pescado por fuentes vegetales ha variado entre las especies debido a sus hábitos e historia alimenticia, calidad de la dieta y sus ingredientes, lográndose reemplazos del porcentaje de harina de pescado desde un 20 a 50% en especies omnívoras y de un 10 a 30 % en especies carnívoras, estos éxitos alcanzados sin la utilización de aditivos alimenticios o estimuladores del consumo del alimento para una mejor eficiencia, siendo de esta manera los requerimientos nutritivos especie-específicos (Gaylord et al 2006; Walker et al., 2010; Enami, 2011).

Lo anterior ha reflejado la necesidad de utilizar fuentes alternativas de proteína como ingredientes que mejoren la calidad del alimento y los parámetros de rendimiento de las especies de cultivo, así como la formulación con aditivos que promuevan el crecimiento, la salud y nutrición de los peces, especialmente la de especies carnívoras que llegan a ser peces de mejor calidad y alto valor económico en el mercado (Kader et al 2010; Takagi et al 2008).

Especies carnívoras además de las que se producen principalmente a nivel mundial como el salmón, la trucha, atún, bacalao, entre otras, se encuentran especies de peces con alto valor económico y apreciación por los consumidores que presentan alto desarrollo en investigación tanto de cultivo como estudios nutricionales en la utilización de fuentes vegetales para disminuir los costos de producción asociados a la alimentación (López et al 2015; Montero et al., 2010).

De acuerdo a lo anterior, entre las especies carnívoras con altas posibilidades de cultivo se encuentran *Lutjanus guttatus*, *Paralichthys californicus*, *Seriola lalandi*, *Atractoscion*

*nobilis* y *Totoaba maldonaldi*, con desarrollos en investigación, tanto en las tecnologías de cultivo para su producción en cautiverio, y estudios en la alimentación y nutrición a partir de dietas formuladas por fuentes de proteína alternativas y aditivos alimenticios que han mejorado el crecimiento y eficiencia alimenticia (Bowyer et al., 2013; Maita et al 2006).

Dentro de estas especies *Totoaba macdonaldi* representa una especie con potencial para el cultivo a gran escala o comercial, debido al desarrollo que ha tenido en cuanto a su tecnología de cultivo en cautiverio, contemplando la reproducción, etapa larval y juvenil de la especie (Garibaldi, 2002; True, 2012) que ha permitido la obtención de organismos tanto para repoblación, debido al estado de la población silvestre en su hábitad natural (Lercari y Chávez, 2007; Valenzuela-Quiñones et al., 2011), así como para el desarrollo acuícola debido a las pruebas de su producción en etapas piloto comercial que se han realizado en empresas establecidas en el noroeste del país y principalmente por el conocimiento de sus requerimientos nutricionales en la composición proximal y perfil de ácidos grasos en juveniles (Lopez et al., 2006; True, 2012).

Entre otros estudios se encuentran la investigación en bioensayos de alimentación con ingredientes como fuentes de proteína como reemplazo de la harina de pescado y ingrediente aditivos para promover el crecimiento y supervivencia, las cuales incluyen harina de subproducto de aves (Zapata et al., 2014), proteína de soya y almidón (Bañuelos-Vargas, 2014), evaluación de lípidos y almidón en dietas suplementadas con probióticos (González-Acevedo, 2011) dietas suplementadas con diferentes niveles de almidón y probióticos (Salcedo, 2011), concentrado de proteína de soya (Espinosa, 2014; Trejo-Escamilla et al., 2016), harina de pescado como fuente de proteína y distintos niveles de taurina (Budi-Satriyo, 2016), concentrado de proteína de soya y niveles de taurina (López et al 2015; Bañuelos-Vargas et al., 2014).

Las anteriores investigaciones en la especie han evaluado el efecto de diversas alternativas de ingredientes como fuentes nutritivas para mejorar los parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia de *T. macdonaldi* y sus efectos en la fisiología, por lo anterior el presente estudio tiene como objeto evaluar dietas con diferentes porcentaje de reemplazo de la harina de pescado por concentrado de proteína de soya con distintos niveles de taurina y su repercusión en los parámetros de rendimiento (crecimiento y eficiencia alimenticia), sangre (hematología), plasma (química sanguínea), metabolismo (enzimas) y tejidos (composición proximal), lo anterior como estrategia en la búsqueda de una dieta idónea más económica para el cultivo a gran escala.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>7</b>
Diseño experimental .....	7
Formulación y dietas experimentales.....	7
Muestreo .....	8
Análisis bioquímicos .....	9
Análisis Estadístico.....	10
<b>Resultados</b> .....	<b>11</b>
Análisis Bioquímicos.....	11
Rendimiento en Crecimiento y Eficiencia Alimenticia.....	12
Índices de Condición .....	13
Análisis bioquímico en hígado .....	14
<b>Discusiones</b> .....	<b>15</b>
Análisis Hematológico y Bioquímica Sanguínea. ....	18
Índices de Condición .....	20
Análisis Bioquímico en Hígado .....	22
<b>Conclusiones</b> .....	<b>25</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>26</b>

1 **Reemplazo de la harina de pescado por concentrado de proteína de soya en dietas para juveniles de**  
2 **totoaba (*Totoaba macdonaldi*) suplementadas con diferentes niveles de taurina.**

3  
4 **Heraclio Espinosa-Acevedo<sup>1\*</sup>, Lus M. López Acuña<sup>1</sup>, Honorio Cruz-López<sup>1</sup>, Carlos A. Álvarez**  
5 **Gonzalez<sup>2</sup> y Mario A. Galaviz<sup>1</sup>.**

6 <sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias Marinas. PO Box 76, Ensenada  
7 B.C. 22860, México.

8 <sup>2</sup>Laboratorio de Acuicultura Tropical, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez  
9 Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, C.P. 86039 Villahermosa, Tabasco,  
10 México.

11 Correspondencia: \*Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias Marinas. PO  
12 Box 76, Ensenada B.C. 22860, México. E-mail: Heraclio.Espinosa@uabc.edu.mx

13 **RESUMEN**

14 El éxito de utilizar fuentes vegetales como reemplazo de la harina de pescado ha sido evaluado en juveniles  
15 de *Totoaba macdonaldi*, en el presente estudio se mantuvieron a los organismos en un sistema de cultivo de  
16 agua de mar durante un periodo de 83 días de cultivo, se evaluaron 12 dietas experimentales formuladas con  
17 4 niveles de suplementación de taurina (Tau) (0.0, 0.3 ,0.6 y 0.9 %) y tres niveles de concentrado de proteína  
18 de soya (CPS) (0, 35 y 45%). El diseño experimenta de 3 x 4 factorial (CPSxTau) mostro diferencias  
19 significativas en los parámetros de rendimiento del crecimiento, alimentación, fisiológicos y bioquímicos  
20 analizados al final del período de alimentación.

21 Al finalizar el estudio no se presentaron cambios significativos en hematología y química sanguínea (AST,  
22 ALT, Pt y Alb), índices de condición (IB), bioquímica hepática (AST) composición bioquímica en hígado (%  
23 Humedad) y musculo (% Pt y % Humedad) debido a las dietas experimentales que contenían diferentes  
24 niveles de Taurina. Sin embargo, las variables afectadas de forma significativa por las dietas experimentales  
25 debido al porcentaje de CPS fue crecimiento y eficiencia alimenticia (PG, SGR, FER y FCR), índices de  
26 condición (IH y IV), hematología y química sanguínea (Hb, Ht, Glu, Chol y Trig) bioquímica hepática (ALT,

27 Chol, Trig, Máfico, G6PD) y composición bioquímica en hígado (% Pt, % Ceniza, % Lípidos) y musculo (%  
28 Lípidos y % Ceniza). Los resultados demuestran que el uso de taurina en dietas con fuente de proteína  
29 vegetal para *T. macdonaldi* como ingrediente reemplazo de la harina de pescado por CPS mejoran el  
30 crecimiento a partir del nivel más bajo de suplementación (0.3%), y debe ser un ingrediente en la  
31 formulación de manera estricta cuando la proporción es mayor a 45% de reemplazo de la HP, por lo tanto, en  
32 el presente estudio el mayor crecimiento se observó en las dietas con CPS 30% suplementadas con taurina e  
33 independiente del nivel de suplementación o adición.

## 34 **Introducción**

35 La industria acuícola es el comprador mayoritario de fuentes de proteína y lípidos de alta calidad para la  
36 elaboración de alimento de especies cultivadas de peces y camarones que son obtenidos principalmente de  
37 los derivados o subproducto de la pesca, lo cual ejerce una alta demanda en los subproductos derivados de la  
38 pesquería como hidrolizados, harina y aceite de pescado (Naylor et al. 2009, Tacon et al. 2011, Jackson,  
39 2012).

40 Lo anterior ha conducido a la búsqueda de fuentes alternativas de proteínas para la elaboración de alimentos  
41 para especies dedicadas a la acuicultura y orientar a la investigación a evaluar los efectos del uso de  
42 proteínas de origen vegetal en la nutrición de las especies cultivadas con potencial e importancia económica a  
43 nivel mundial, con el propósito de cumplir con mejores condiciones alimentarias para asegurar la salud  
44 animal, sustentabilidad y rentabilidad del cultivo, y preservar la calidad del producto para satisfacer el  
45 mercado que demandara el crecimiento de la industria acuícola (Collins et al. 2013).

46 El uso de proteína de origen vegetal en dietas para peces carnívoros presenta un numero de cambios  
47 asociados al desbalance de nutrientes esenciales, por lo tanto, los estudios para evaluar los factores que  
48 limitan el uso de las proteínas vegetales son necesarios para apoyar el desarrollo de dietas sostenibles  
49 (Bañuelos-Vargas et al., 2014; López et al., 2015).

50 El concentrado de proteína de soya (CPS) es una fuente de proteína alternativa más común para sustituir la  
51 harina de pescado en el alimento acuícola, debido a que tiene un mejor perfil de aminoácidos dentro de las  
52 fuentes de proteínas vegetales. Sin embargo, el uso de la proteína de soya en dietas acuícola, especialmente  
53 para peces carnívoros, está limitado ya que presenta una serie de retos asociados como factores  
54 antinutricionales, baja palatabilidad, digestibilidad, y bajo contenido en metionina y cistina. Además, carecen  
55 de un número de nutrientes, como taurina, que se encuentra abundante en harina de pescado pero no en las  
56 proteínas vegetales, que podría tener un beneficio en el desempeño y metabolismo de peces carnívoros (El-  
57 Sayed, 2013). Las investigaciones anteriores reportaron que la sustitución de la harina de pescado por harina  
58 de soya se limita entre 25-30% de proteínas de la dieta con suplementación de taurina en varias peces  
59 marinos como denton *Dentex dentex* (Chatzifotis et al., 2008), *Oplegnathus fasciatus* (Lim et al., 2013),

60 Totoaba *Totoaba macdonaldi* (Bañuelos-vargas *et al.*, 2014; Lopez *et al.*, 2015). La sustitución de harina de  
61 pescado por proteína de soya presenta reducción de metionina y lisina, así como la taurina en la dieta, por lo  
62 tanto, los peces que se alimentan con la dieta a base de proteína vegetal requiere taurina exógena para el  
63 mantenimiento de sus funciones fisiológicas. La taurina podría ser indispensable para peces, dependiendo de  
64 la fuente de proteína de la dieta, tipo de especies, tamaño, hábitos de alimentación y tasa de metabolismo de  
65 sus precursores (metionina y cisteína) (El-Sayed, 2013). Diversos estudios se han realizado para mitigar los  
66 factores limitantes de proteína vegetal como aminoácidos (Gaylord, 2007) y otros nutrientes que no están  
67 presentes en la proteína vegetal y que pueden ser suministrados por harina de pescado de los cuales taurina ha  
68 sido de gran interés. La taurina se considera esencial para los peces donde los ingredientes vegetales son las  
69 principales fuentes de proteínas de la dieta. Debido a que la taurina se encuentra en la harina de pescado, pero  
70 deficiente en las fuentes vegetales como la harina de soya (Yamamoto *et al.*, 1998), la suplementación de este  
71 nutriente es un método prometedor para mejorar el valor nutritivo de las dietas en la que harina de pescado se  
72 sustituye con fuentes de proteínas vegetales (Takeuchi *et al.*, 2001, Gaylord *et al.*, 2006; Lunger *et al.*, 2007).  
73 Entre las diversas funciones de taurina y sus efectos fisiológicos en los organismos predominan la  
74 asimilación y absorción de lípidos debido a la conjugación con sales biliares, estabilizador de membranas,  
75 osmoregulación, atractabilidad de la dieta, estimulador alimenticio y posible regulador de la actividad de  
76 enzimas digestivas y metabólicas. Además de mejorar los rendimientos en la alimentación con fuentes  
77 vegetales de especies de peces carnívoros cuando se utilizan altos niveles de sustitución (Hayes 1976,  
78 Huxtable 1992).

79 Aunado a esto la utilización a nivel experimental de uso de fuentes vegetales como el concentrado de  
80 proteína de soya ha mostrado un efecto positivo sobre los parámetros de cultivo como la sobrevivencia,  
81 ganancia en peso, eficiencia alimenticia y tasa de crecimiento, logrando un reemplazo total o parcial de la  
82 proteína de diferentes especies como lenguado (*Hippoglossus hippoglossus*), jurel (*Seriola lalandi*), corvina  
83 (*Atractoscion nobilis*), turbot (*Scophthalmus maximus L.*) y totoaba (*Totoaba macdonaldi*) (Berge *et al.* 1999,  
84 Day & González, 2000; Bowyer *et al.* 2013; Jirsa *et al.* 2014; Satriyo *et al.* 2017).

85 Ya que la sustitución de la fuente de proteína depende de la capacidad digestiva de la especie, en algunos  
86 estudios se ha observado que altos niveles de concentrado de proteína vegetal afectan los parámetros de  
87 cultivo y la salud de los organismos (Li et al. 2015). Lo anterior ha sido atribuido tanto a la deficiencia de  
88 nutrientes que se pierden de manera parcial o total cuando se elimina la harina de pescado en la dieta,  
89 métodos de procesamiento de los piensos, aunado el efecto de la calidad sobre el daño en el sistema digestivo  
90 que no disminuye la capacidad de absorción y asimilación de nutrientes (Dragnes *et al.*, 2009).

91 Siendo la harina de pescado la principal fuente de nutrientes esenciales como ácidos grasos y aminoácidos  
92 esenciales, fuente de colesterol, minerales como fósforo y otros micronutrientes esenciales, como taurina, se  
93 han dirigido las investigaciones a evaluar los efectos de la adición o suplementación de taurina como fuente  
94 exógena para potenciar la utilidad de las fuentes vegetales con beneficios en el crecimiento, salud y por ende  
95 los parámetros de rendimiento en las especies cultivadas (Koven *et al.*, 2016; Aragão *et al.*, 2017).

96 La taurina, es considerada un aminoácido condicionalmente esencial, a pesar de no ser un constituyente  
97 proteico y parte de la estructura de proteínas corporales, se encuentra presente en diversos tejidos como un  
98 nutriente libre y o conjugado con moléculas de importancia fisiológica en el funcionamiento vital de los  
99 organismos (Al-Feky *et al.*, 2016; Allon *et al.*, 2016).

100 Por lo anterior, algunas investigaciones han atribuido diversas funciones fisiológicas como estabilización de  
101 membrana, anti oxidación, detoxificación, osmorregulación, metabolismo y conjugación de ácidos biliares, de  
102 este modo la taurina es considerada un nutriente esencial para beneficio de la salud y sobre todo en especies de  
103 peces carnívoros que presentan signos del síndrome del hígado verde tal como *Seriola quinqueradiata*,  
104 *Seriola lalandi*, *Atractoscion nobilis* y *Totoaba macdonaldi*. (Matsunari *et al.*, 2005; Bañuelos-Vargas *et al.*,  
105 2014; Jirsa *et al.*, 2014; Satriyo *et al.*, 2017)

106 El síndrome de hígado verde se le ha considerado ser un signo derivado de la deficiencia de taurina en la  
107 dieta y es más pronunciada en especies de peces alimentados en acuicultura con dietas que contienen  
108 ingredientes vegetales en su formulación, derivado de la reducción de la harina de pescado principal  
109 ingrediente aportador de elementos esenciales y proteína en la nutrición acuícola (Ai et al., 2012).

110 Dentro de las fuentes de proteínas estudiadas en *T. macdonaldi* se encuentran la utilización de harina de  
111 pescado, y su reemplazo por fuentes vegetales de harina de soya, y procesados de concentrados de proteína  
112 de soya (Bañuelos-Vargas *et al.*, 2014)

113 Bañuelos-Vargas *et al.*, 2014 estudió el efecto del remplazo de la harina de pescado por CPS con  
114 suplementación de taurina sobre el metabolismo intermediario y enzimas antioxidantes, Lopez *et al.*, 2015  
115 evaluaron el efecto del remplazo de la harina de pescado por concentrado de proteína de soya en dietas  
116 suplementadas con taurina sobre los parámetros de crecimiento, hematología, bioquímica sanguínea, y el  
117 efecto a nivel histopatológico, por ultimo Satriyo *et al.*, 2017 analizo el requerimiento óptimo de taurina con  
118 harina de pescado como única fuente de proteína en la dieta para juveniles.

119 *Totoaba macdonaldi* (Gilbert 1890), es una especie marina que alcanza dos metros de longitud y un peso  
120 superior a los 100 kg. Se encuentran en aguas costeras poco profundas hasta profundidades de 25 m. Esta  
121 especie tiene una gran migración de cría anual de primavera a las aguas poco profundas, en medio salobres  
122 (ahora hipersalinos) del delta del río colorado, en el extremo norte del Golfo de California. Se alimenta de  
123 peces y camarones. La extracción de totoaba apoyó una industria pesquera y deportiva, pesca comercial  
124 importante en el Golfo de California (UICN 2014), sin embargo, el mal manejo de su pesquería fue causante  
125 de la disminución de esta especie y a partir de 1975 fue incluida en la lista de especies en peligro de extinción  
126 (CITES 2005). En este aspecto, la necesidad de cultivo de la especie es fundamental ya sea como tarea  
127 principal para la conservación a través del repoblamiento, o en su momento, el cultivo a nivel comercial. Por  
128 lo que los estudios relacionados con el desarrollo de alimentos basados en la fisiología digestiva, metabólica,  
129 permitirán sentar las bases para su cultivo (Mata-Sotres 2015; Galaviz *et al.* 2015). Debido a lo anterior, el  
130 objetivo de la presente investigación fue estudiar el remplazo de la harina de pescado por concentrado de  
131 proteína de soya en dietas suplementadas con diferentes niveles de taurina, examinando el efecto sobre  
132 condición de salud, metabolismo y parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia de juveniles cultivados  
133 de totoaba (*Totoaba macdonaldi*).

## 136 Metodología

### 137 Diseño experimental 138

139 Los tratamientos experimentales por duplicado fueron conducidos en un bioensayo experimental llevado a  
140 cabo durante 85 días de cultivo de juveniles de *Totoaba macdonaldi*, antes los peces fueron sometidos a un  
141 periodo de aclimatación al sistema de cultivo de dos semanas alimentados con dieta comercial.

142 A partir del día cero de experimentación definido como el inicio de las dietas experimentales diez peces por  
143 tanque fueron cultivados y distribuidos al azar en un sistema de recirculación de agua de mar, utilizando 24  
144 tanques de fibra de vidrio con capacidad de 100 litros, se ajustaron los flujos de recirculación a una tasa de  
145 recambio de 1.7 litros/minuto de agua de mar pasada a través de filtración biológica, luz ultravioleta, luz de  
146 malla de 500 micras para la retención de sólidos suspendidos.

147 Los parámetros de cultivo se mantuvieron dentro de los niveles aceptables para especies de peces marinos,  
148 niveles de oxígeno mayores a 5 mg/litro aportado por un aireador a través de del sistema de distribución de  
149 aire de las instalaciones de la Unidad de Biotecnología en Piscicultura. Se realizó un fotoperiodo neutro  
150 (12:12 luz: oscuridad) con un sistema automático de iluminación, la temperatura fluctuó entre los  $23 \pm 1$   
151 grados centígrados durante el transcurso del experimento utilizando un calentador y enfriador de agua.

152 Las mediciones de la calidad del agua y los parámetros de cultivo como oxígeno disuelto, pH, temperatura,  
153 amonio, nitritos y nitratos fueron monitoreados diariamente para garantizar que se mantuvieran dentro de las  
154 condiciones ideales para el experimento.

### 155 Formulación y dietas experimentales 156

157 Doce dietas experimentales isoproteicas (50%), isolipídicas (15%) e isocalóricas ( $20\text{kJg}^{-1}$ ) con un incremento  
158 en la sustitución de la fuente de proteína de harina de pescado (FM) por concentrado de proteína de soya  
159 (CPS) (0, 30 y 45%); y diferentes niveles de taurina (0, 0.3, 0.6 y 0.9 %). La dieta control fue formulada para  
160 *Totoaba macdonaldi* de acuerdo con los requerimientos nutricionales de la especie (López *et al.* 2014; López  
161 *et al.*, 2015).

162 Los ingredientes dietarios fueron mezclados con un molino y procesador de alimentos (Hobart, Troy, OH,  
163 USA) (Tabla I). La mezcla de ingredientes fue paletizada a un tamaño de 3 a 5 mm de diámetro, la humedad

de la mezcla de ingredientes fue evaporada en un horno de convención a  $65\pm 5^{\circ}\text{C}$  durante toda la noche y almacenados a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su uso. La composición proximal de las dietas es presentada en la tabla II.

## **Muestreo**

El muestreo consistió en dos biometrías realizadas al inicio y final del experimento, los parámetros evaluados fueron el peso húmedo y la longitud total de los peces, correspondiente a la distancia del hocico del pez hasta la terminación de la aleta caudal, los datos se registraron en gramos y centímetros, respectivamente. Los datos obtenidos fueron utilizados posteriormente para calcular el rendimiento en crecimiento y eficiencia alimenticia de los diferentes tratamientos alimenticios.

Además, se realizó la toma de muestra al finalizar el bioensayo, posterior a 24 horas de la última alimentación, para garantizar que el sistema digestivo se encontrara vacío. Se colectaron muestras de pez entero y tejidos (musculo, bilis, hígado, vísceras, fluido sanguíneo y plasma), los correspondientes fueron mantenidos a temperaturas bajo criocongelación, durante el muestreo fueron colocados en hielo seco para evitar los procesos de degradación *post mortem*.

Los tejidos de Bilis, hígado y vísceras de la disección fueron pesados rápidamente utilizando una balanza analítica (precisión  $\pm 0.001\text{g}$ ) y los datos registrados se utilizaron para obtener los índices de condición fisiológica (índice hepatosomático, índice biliar e índice viscerosomático), estos parámetros fueron determinados de acuerdo con fórmulas descritas anteriormente.

La muestra de sangre se obtuvo mediante punción cardiaca, se utilizó una jeringa de insulina y se extrajo un volumen el cual fue diluido en anticoagulante (EDTA), posteriormente fue transferido a un tubo de 1 mililitro tipo ependorf y se mantuvo en obscuridad durante el transcurso del análisis.

El contenido de sangre fue centrifugado para la obtención del plasma en una centrifuga a 4 grados centígrados, por 5 minutos a 10 000 rpm. La sangre fue utilizada para el perfil hematológico (hematocrito (Hk), hemoglobina (Hb)) y el plasma para la evaluación de la química sanguínea (proteínas totales (Pt), albumina (Alb), triglicéridos (Trg), colesterol (CHOL's)).

Se utilizaron 4 peces por tanque como muestras representativas de los tratamientos experimentales para la evaluación de los índices de condición y 10 peces para la determinación de la serología sanguínea.

## 191 **Análisis bioquímicos**

192 Se determinó el perfil químico proximal y tejidos de musculo, pez entero e hígado de juveniles de *T.*  
193 *macdonaldi* sometidos a los diferentes tratamientos experimentales. La composición de proteínas, lípidos,  
194 humedad y ceniza en dietas se analizaron de acuerdo a los métodos aprobados por la AOAC (AOAC 2000).

195 Proteínas totales se cuantificaron tras previa digestión  $H_2SO_4$  en un bloque de calentamiento  
196 KJELDATHERM<sup>®</sup>, y destilado de amoniaco en forma de vapor capturado en solución de ácido bórico en un  
197 equipo de destilación VAPODEST<sup>®0</sup> 450 Gerhardt Analytical Systems. Se tituló el volumen capturado con  
198 HCl por diferencias de pH con un dosificador automático (TITRON), el contenido de nitrógeno se multiplico  
199 por un factor de proteína cruda de 6.25.

200 Métodos gravimétricos fueron utilizados en la determinación del contenido de lípidos, humedad y ceniza. Los  
201 lípidos totales fueron determinados de acuerdo al método de (Folch, Lees et al. 1957) por extracción con  
202 diclorometano: metanol (2:1; v/v), la humedad se determinó después de evaporar el contenido de agua a 105  
203 grados centígrados por 12 horas y el de cenizas tras calcinar la muestra a 550 grados centígrados durante 6  
204 horas.

205 La evaluación hematológica y química sanguínea fue realizada con métodos colorimétricos y  
206 espectrofotometría, se cuantificando el valor de absorbancia para cada una de las variables realizando la  
207 medición utilizando un espectrofotómetro de micro placa, se utilizó la longitud de onda establecida para cada  
208 parámetro y un estándar bioquímico, se siguieron las instrucciones mencionadas en los protocolos del  
209 producto comercial de la marca Pointe Scientific Inc.

210 Las enzimas del metabolismo de aminoácidos fueron evaluadas en hígado y plasma por medio de la  
211 cuantificación de la concentración como actividad enzimática y especifica de aspartato aminotransferasa  
212 (ASAT/GOT; EC 2.6.1.1) y alanina aminotransferasa (ALAT/GPT; EC 2.6.1.2), se utilizaron kits  
213 comerciales, el proceso desarrollado fue siguiendo las instrucciones de los productos midiendo la absorbancia  
214 en longitud de onda definida mediante un espectrofotómetro de microplaca.

215 El ensayo enzimático de Glucosa 6 fosfato deshidrogenasa consistió en una reacción enzimática conteniendo  
216 una mezcla en concentraciones milimolares de 71.4 Mm de Imidazole HCl buffer (pH 7.4), 100 Mm  $MgCl_2$ ,

217 20Mm NADP y 10 Mm de glucosa 6 fosfato como sustrato, protocolo realizado de acuerdo con (Morales,  
218 García-Rejón et al. 1990), con ligeras modificaciones.

219 El ensayo de enzimático de Enzima málico (ME; EC 1.1.1.40) consistió en una reacción enzimática  
220 conteniendo una mezcla en concentración milimolares de 71.4 Mm Imidazol-HCl buffer (pH 7.4), 100 Mm  
221 MgCl<sub>2</sub>, 8Mm NADP y 40 Mm de ácido málico, el protocolo se realizó de acuerdo a (Singer, Mahadevappa et  
222 al. 1990).

223 De la misma manera se evaluó en el hígado la actividad enzimática y específica de la concentración de la  
224 glucosa 6 fosfato deshidrogenasa (G6PDH) como parte del metabolismo de aminoácidos y la enzima málica  
225 de la ruta litogénesis. Los homogenizados preparados de hígado mantenidos en frío congelación hasta el  
226 análisis, fueron elaborados con buffer en frío con hielo de Tris-HCl con 0.1 Mm EDTA y 0.1 % Triton X-100  
227 a un pH de 7.8, en una una razón peso volumen de 1:3 (gramos de hígado en volumen de buffer), del cual se  
228 dividieron en diversas alícuotas individuales para los análisis de cada una de las enzimas anteriormente  
229 mencionadas.

230 Para representar la actividad específica de las enzimas se evaluó a concentración de proteína en hígado para  
231 por medio del método de (Bradford 1976), siendo de tal manera reportada como unidades de enzima por mg  
232 de proteína soluble.

### 233 **Análisis Estadístico**

234

235 Se realizó el análisis de varianza de dos vías para conocer los efectos debidos a los factores de CPS, Tau e  
236 interacción (CPS\*TAU). Las diferencias significativas se evaluaron entre los grupos a partir del factor CPS y  
237 posteriormente revisaron las diferencias debidas al efecto de los cuatro niveles de taurina utilizado dentro de  
238 cada grupo de factor CPS (concentrado de proteína de soya). Las diferencias significativas se obtuvieron de  
239 acuerdo con las comparaciones múltiples pareadas de la prueba de Tukey. Las variables dependientes  
240 cuantitativas que no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas fueron  
241 transformadas mediante el Logaritmo base 10 para la normalización de los datos. Los resultados de las  
242 variables dependientes son presentados con el promedio y error estándar, y el análisis grafico de las variables  
243 dependientes analizadas.

244 **Resultados**

245 **Análisis Bioquímicos**

246 Las composiciones bioquímicas de las dietas experimentales no mostraron diferencias significativas  
247 ( $P>0.05$ ) debidos a los factores de proteína y taurina, los tratamientos mostraron un perfil de nutrientes  
248 promedio en porcentaje de proteína de  $47.8\pm 0.8$ , lípidos  $14.3\pm 0.54$ , humedad de  $4.6\pm 0.1$  y ceniza  $12.1\pm 0.31$ .

249 La composición proximal de musculo no presento diferencias significativas ( $P>0.05$ ) debidas a los niveles de  
250 CPS y Taurina en el contenido de proteína y humedad. El contenido de humedad en el tejido hepático no  
251 mostro efectos significativos debidos a CPS y Tau en los distintos tratamientos ( $P>0.05$ ).

252 Los niveles de taurina no afectaron de manera significativa ( $P>0.05$ ). la composición proximal de proteína y  
253 humedad en musculo sin importar el nivel de CPS en la dieta. En hígado la concentración de proteínas totales  
254 no fue significativa ( $P>0.05$ ) debido al nivel de taurina en 30 y 45% de CPS en la dieta, así mismo el nivel de  
255 lípidos en el tratamiento CPS 45% no fueron afectados de manera significativa por los niveles de taurina.

256 El contenido de lípidos en musculo disminuyo conforme aumentaba el CPS en la dieta, misma tendencia se  
257 presentó en el porcentaje de ceniza en musculo conforme aumentaba la concentración de CPS en la dieta  
258 (Tabla III).

259 El porcentaje de lípidos en hígado disminuyo conforme aumentaba el CPS en las dietas, efecto contrario fue  
260 observado en el porcentaje de proteína y cenizas para el tejido hepático donde se observó un ligero  
261 incremento de forma significativa ( $P<0.05$ ). conforme aumentaba el reemplazo de la harina de pescado con  
262 concentrado de proteína de soya (Tabla III). Los niveles de proteína en hígado aumentaron de manera  
263 significativa ( $P<0.05$ ) conforme aumentaba el nivel de taurina en la dieta en dietas que no contenían CPS.

264 Así mismo, diferencias significativas ( $P<0.05$ ) fueron observadas en el porcentaje de lípidos en hígado en los  
265 tratamientos que contenían 0 y 30% de CPS en la dieta y niveles altos de taurina, observándose una  
266 disminución de grasa en el tejido hepático conforme aumentaba el nivel de taurina en la dieta, siendo más  
267 claro en los tratamientos que contenían 0 y 30 CPS en la dieta con 0.4% de taurina (Tabla III).

268

269

## **Rendimiento en Crecimiento y Eficiencia Alimenticia**

La sobrevivencia al final del experimento fue mayor al 95% para los tratamientos; las mortalidades que fueron debidas a organismos encontrados en el exterior del tanque de cultivo no se tomaron en cuenta como evidencia científica por un efecto de las dietas experimentales.

Los resultados encontrados en las variables de rendimiento en crecimiento y eficiencia alimenticia mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) debidas a el contenido de CPS y niveles de Tau en la dieta. La eficiencia alimenticia de acuerdo con los resultados de FER y FCR no mostró efectos significativos debidos a los niveles de taurina dentro de los grupos del factor de proteína (CPS 0, 30 y 45%). De esta manera los niveles de taurina no afectaron de manera significativa algunas variables como PG, SGR en aquellos organismos que fueron alimentados con dietas elaboradas con 0 y 30 % de CPS sin importar el nivel de taurina en la dieta.

Los efectos encontrados en la tasa de conversión alimenticia (FCR) al finalizar el bioensayo fueron debidos por el nivel de reemplazo del CPS en la dieta, siendo estadísticamente ( $P < 0.05$ ) mayor la FCR en los tratamientos con 45% CPS que los tratamientos CPS 30%, pero no en la dieta control que contenía 100% harina de pescado como fuente de proteína (Tabla IV).

La mejor ganancia en peso se observó en la dieta CPS 30 % Tau 0.6 con  $255 \pm 10.1$  gramos, y el más bajo en la dieta CPS 45% Tau 0.0 con  $203 \pm 5.4$  gramos, tendencias similares son observadas en peso ganado (PG) y tasa de crecimiento específico (SGR) para cada uno de los tratamientos del presente estudio, estos efectos significativos fueron debido a los niveles de CPS y Tau en la dieta y no a la interacción de las dos variables (Tabla IV); de esta manera el PG se vio afectado cuando la dieta contenía hasta un nivel de reemplazo de CPS con 45% siendo este menor estadísticamente ( $P < 0.05$ ) (Figura IV).

De la misma forma la tasa de eficiencia alimenticia (FER) y la tasa de crecimiento específica se vieron afectados debido al aumento del CPS en la dieta mostrando valores más bajos de manera significativa ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento con CPS 45%. Sin embargo, el PG y SGR mejoraron conforme aumenta el nivel de taurina dentro de estos tratamientos siendo mayores significativamente los tratamientos suplementados con taurina en estas variables (Tabla IV).

## Índices de Condición

Los índices de condición fueron afectados de manera significativa por los tratamientos experimentales, los efectos fueron significativos debidos a los distintos factores estudiados, factor de reemplazo de la fuente de proteína, niveles de taurina e interacción (Tabla V).

El índice IB no presento diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en los tratamientos dietarios debidos a la concentración de reemplazo de HP por CPS y por los niveles de taurina dentro de cada factor de proteína. El IH mostro efectos significativos ( $P<0.05$ ) debidos a los niveles de taurina en los tratamientos para cada nivel de reemplazo de fuente de proteína (0, 30 y 45%). Sin embargo, el factor proteína no afecto significativamente el IH en las tres situaciones del reemplazo de la HP evaluadas en este estudio.

Los tratamientos de CPS 30 y 45 % del factor proteína no fueron afectados significativamente por los niveles de Tau dentro de ambos factores para los valores de índice vicerosomatico IV evaluado en este estudio.

## Análisis hematológico y bioquímico del plasma

Los parámetros químicos en plasma de los individuos bajo tratamiento experimental no mostraron diferencias significativas en la actividad de ALT y AST. De igual manera la concentración de Pt y Alb en el plasma sanguíneo no mostro efectos estadísticamente significativos. Los valores de Ht no fueron significativos en los tratamientos debidos al factor CPS, pero si mostro diferencias dentro los grupos de CPS y Taurina. El grupo 0% de reemplazo de Hp por CPS mostro un incremento en el porcentaje de Ht conforme aumentaba el nivel de taurina en la dieta, siendo mayor la dieta con 0.4 % Tau que la dieta control, aunque a partir del nivel más bajo de suplementación de taurina mostro un aparente aumento en el contenido de hematocrito. Sin embargo, el incremento no fue diferente estadísticamente ( $P>0.05$ ) con respecto a los grupos suplementados con 0.3 y 0.6% de taurina contra el grupo control experimental (CPS 0% Tau 0.0) (Tabla VI).

En este sentido las variables analizadas en hematología y química sanguínea, el contenido de glucosa no fue afectado significativamente ( $P>0.05$ ) por los niveles de taurina dentro de los tratamientos CPS con concentraciones de 30% y 45%. Bajo el mismo efecto, la concentración de Hb en sangre fue afectada significativamente debido a los % Tau dentro de del grupo CPS 0%.

323 El porcentaje de Ht, Hb, Glu, Trig y Chol fueron afectados tanto por el porcentaje de reemplazo de la harina  
324 de pescado por CPS como del nivel de inclusión de taurina en cada uno de los grupos experimentales. Se  
325 observó una disminución aparente en la concentración de estas variables conforme aumentaba CPS en la  
326 dieta, siendo mayores significativamente ( $P<0.05$ ) en el grupo CPS 0% (Figura II).

### 327 **Análisis bioquímico en hígado**

328

329 La bioquímica hepática no presentó efectos significativos debido a la interacción de los factores de  
330 reemplazo de harina de pescado por concentrado de proteína de soya y niveles de taurina en la actividad de la  
331 enzima AST ( $P>0.05$ ), además los niveles de taurina no mostraron efectos significativos dentro de los tres  
332 grupos de CPS en la concentración de colesterol, y dentro del grupo CPS 45%, el factor taurina no tuvo  
333 efectos significativos para las variables de actividad enzimática ALT, G6PD y en la concentración de Trig  
334 ( $P>0.05$ ) (Tabla VI).

335 Los niveles de Chol, Trig y actividad de enzimas (ALT, málica y G6PD) evaluadas en tejido hepático en este  
336 estudio fueron afectados significativamente ( $P<0.05$ ) por la sustitución de CPS en la dieta mostrando una  
337 disminución a mayor inclusión de CPS, el efecto más notable ocurrió en la concentración de colesterol y la  
338 actividad de las enzimas Málica y G6PD, aunque las variables con efectos significativos muestran este patrón  
339 en menor grado (Figura III).

## 350 **Discusiones**

351 El efecto del remplazo de la harina de pescado por Concentrado de Proteína de Soya en dietas para juveniles  
352 de totoaba (*T. macdonaldi*) suplementada con diferentes niveles de taurina fue evaluado en el presente  
353 estudio. Los resultados mostraron efectos significativos en la mayor parte de las variables analizadas al  
354 finalizar el experimento por causas debidas a los distintos tratamientos experimentales.

355 En el presente estudio se encontraron cambios significativos por efecto de los niveles de Tau y CPS,  
356 observándose cambios positivos en dietas elaboradas con diferentes niveles de CPS y enriquecidos con niveles  
357 menores a 0.6% de Tau ( $\leq 0.6\%$  Tau). Sin embargo, al suplementar niveles mayores de 0.6% de Tau en las  
358 dietas con 30 Y 45% de CPS se observó un efecto negativo en PG y SGR de juveniles de *T. macdonaldi*, por  
359 otro lado, este efecto no se presentó en peces alimentados con la dieta elaborada con 0% de CPS.

360 Las dietas con 0% CPS y suplementada con diferentes niveles de taurina mostro una tendencia a incrementar  
361 el peso ganado de los tratamientos, sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre este grupo  
362 de tratamientos experimentales, lo que podría indicar que la harina de pescado podría contener una  
363 concentración mínima requerida de taurina para esta etapa de crecimiento de los juveniles en cultivo. Sin  
364 embargo, el peso ganado mejoró en los grupos CPS 30 y 45% en los niveles suplementados con taurina  
365 encontrándose un aumento significativo en crecimiento en peso a partir del primer nivel de suplementación  
366 ( $\geq 0.3\%$  Tau).

367 Los resultados encontrados coinciden con estudios realizados en la misma especie donde se observó que *T.*  
368 *macdonaldi* es una especie que digiere dieta que presente un reemplazo de la harina de pescado por fuentes  
369 de concentrado de proteína de soya de hasta el 30% sin ser suplementadas con taurina y hasta un 45% con  
370 adición de taurina, lo anterior sin afectar el PG y SGR de los organismos de cultivo, y obteniendo  
371 crecimientos mejores sin mostrar efectos negativos sobre los parámetros de crecimiento y eficiencia  
372 alimenticia (Lopez *et al.*, 2015; Trejo-Escamilla *et al.*, 2016), resultados similares se han encontrado en otras  
373 especies donde se ha reemplazado la harina de pescado por CPS como fuente vegetal en la nutrición de peces  
374 carnivoros como *Seriola quinqueradiata* (Takagi *et al.*, 2008), *Scophthalmus maximus* L (Ai, Yun *et al.*  
375 2012) y *Trachinotus ovatus* (Wu *et al.*, 2015).

376 Los peces alimentados con los tratamientos CPS 0% y CPS 35% en los distintos niveles de adición de taurina  
377 mostraron parámetros de rendimiento más eficientes, haciéndose notar el aporte de taurina en la dieta al  
378 mejorar los parámetros de cultivo, lo anterior evidencía la importancia de la taurina en la digestibilidad y  
379 asimilación de los nutrientes, principalmente a la capacidad de digestión, absorción, transporte y  
380 metabolismo de lípidos como consecuencia de la formación de sales y ácidos biliares conjugados con  
381 taurina, de acuerdo a lo reportado por algunos autores (Bowyer et al. 2013, Salze and Davis 2015).

382 La taurina promueve la palatabilidad en conjunto con la adición de atractantes y/o aminoácidos individuales,  
383 los resultados parecieran relacionar esto con el aumento significativo del grupo CPS 30% con la mayor tasa  
384 de eficiencia alimenticia entre los grupos proteicos, seguido de los grupos CPS 0% Y CPS 45% que no  
385 fueron significativamente diferentes (Takagi *et al.*, 2011; Ai *et al.*, 2012).

386 Los porcentajes de sustitución de HP por CPS en el presente estudio mostraron una disminución en el peso  
387 ganado y la tasa de crecimiento específico en los organismos alimentados con la dieta CPS 45% Tau 0.0%, lo  
388 anterior es probable que esté relacionado a la deficiencia de nutrientes tales como la taurina, de acuerdo a lo  
389 reportado por Wu *et al.*, 2015 donde atribuyeron la disminución del crecimiento a la deficiencia de taurina,  
390 así como a la concentración y tipo de factores anti nutricionales cuando la HP es reemplazada por CPS que  
391 afectan el sistema y proceso digestivo de los organismos, afectando la disponibilidad de nutrientes en el  
392 lumen intestinal (Berge *et al.*, 1999).

393 La utilización de fuentes vegetales en el alimento para peces carnívoros requiere de suplementación de  
394 aditivos ricos en compuestos de bajo peso molecular como taurina, , ya que se encuentra en baja  
395 concentración en células y tejidos vegetales, los estudios alimenticios de peces carnívoros han encontrado  
396 distintos niveles de requerimientos, siendo estos especie-específico y pueden variar dependiendo de la edad,  
397 tamaño, hábitos de alimentación, historia alimenticia así como las condiciones de cultivo (Yokoyama *et al.*,  
398 2001; Qi *et al.*, 2012)

399 Lim et al., 2013 encontró que los parámetros de crecimiento se ven mejorados cuando el porcentaje de  
400 taurina en la dieta formulada con ingredientes a base de soya es mayor 0.88 % para juveniles de *Oplegnathus*  
401 *fasciatus*. Sin embargo, para otras especies de peces carnívoros el requerimiento varía entre el 0.2 y 2% en

estudios con diferentes condiciones de cultivo y requerimientos alimenticios (Park *et al.*, 2002; Matsunari *et al.*, 2008).

En *T. macdonaldi* recientemente Trejo-Escamilla *et al.*, 2016 reporto el requerimiento de CPS que juveniles de *T. macdonaldi* puede asimilar consiguiendo un mejor crecimiento, siendo un reemplazo de 34.17% de HP por CPS y utilizando un nivel basal de taurina de 1.2% en la dieta. En base a estos resultados es probable que *T. macdonaldi* pueda requerir un menor porcentaje de suplementación de taurina cuando es alimentada con dietas elaboradas con hasta 45% de CPS teniendo mejor crecimiento sin afectar el estado de salud de los organismos, aunque el periodo de cultivo de los organismos fue distinto, siendo en este estudio peces de un peso promedio inicial mayor a los reportados por los autores, además de considerar el efecto del requerimiento debido al tamaño de los peces ya documentados en especies como *Scophthalmus maximus* L. (Qi *et al.*, 2012).

El uso de fuentes de proteína alternativas como reemplazo de la harina de pescado a afectado los valores en los parámetros de crecimiento, Zapata et al (2014) encontró que el porcentaje en peso ganado fue afectado por los tratamientos cuando se utiliza harina de ave como fuente de proteína, en el presente estudio el efecto de la fuente proteína de CPS sobre la eficiencia alimenticia y la tasa de conversión alimenticia mostraron un comportamiento similar a los observados en PG y SGR, los valores más bajos de FER se observaron en el grupo de mayor porcentaje de reemplazo de la harina de pescado (CPS 45%), así mismo se requirió una mayor utilización de alimento por parte de los peces para obtener resultados similares debido a que se observó un mayor FCR en el mismo tratamiento, Además, la utilización de taurina en la dieta no mostro una mejora en los parámetros de eficiencia alimenticia lo cual coincide con reportado por Satriyo et al 2017, donde el uso de suplementación con taurina en la dieta mostro que los peces obtuvieran mejores tasas de eficiencia alimenticia pero sin efectos significativos. López et al 2015 reportan que la eficiencia alimenticia mejora con o sin la adición de taurina con la utilización de CPS como proteína de reemplazo de HP, pero este efecto no prevalece cuando se utiliza un reemplazo superior al 60%, idéntica tendencia es reportado también por Trejo-Escamilla 2016 este estudio dentro de un rango de reemplazo de 0 a 45% de utilización de concentrado de proteína de soya.

Lo anterior se ha visto otras especies al igual los parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia no se han visto afectados en bajos niveles de remplazo de CPS y al contrario en porcentajes menor de utilización como fuente de proteína la eficiencia alimenticia y el crecimiento son mejorados como se ha visto en *Dentex dentex* donde el 25% de CPS presento mejores tendencias que la dieta control, así mismo en los tratamientos afectados por el nivel de reemplazo taurina ejerce un fuerte efecto en los niveles más altos de utilización de la fuente de proteína vegetal, por otra parte en *Trachinotus ovatus* donde FCR no presento efectos significativos en tratamientos hasta 60 % de CPS como porcentaje de reemplazo de la HP (Chatzifotis et al 2008; Wu et al 2015).

### **Análisis Hematológico y Bioquímica Sanguínea.**

#### **Hematocrito y hemoglobina**

La condición fisiológica y homeostasis en los organismos, en conjunto con el estado de salud es examinada para establecer los parámetros normales aparentes en las variables de hematología y química sanguínea (Kader et al., 2010). En el presente estudio con juveniles de *T. macdonaldi*, al finalizar los 83 días de cultivo experimental la hemoglobina en sangre, colesterol, glucosa, triglicéridos presentaron una aparente reducción conforme aumentaba el CPS en la dieta, independiente del nivel de taurina. El porcentaje de hematocrito de la sangre fue afectado solo por el nivel de taurina de la dieta con harina de pescado (CPS 0%), observándose un aumento del hematocrito a mayor contenido de taurina en la dieta. Salze et al., 2016 señalan que los cambios a nivel del número de eritrocitos y porcentaje de hematocrito difieren entre las especies y el periodo de estudio, en ensayos de corta duración no son indicadores recomendables como medidas diagnosticas en etapas tempranas de deficiencia nutricional, probablemente se deba a que en estas primeras etapas parecieran existir ciertos mecanismos de reflejo por parte del organismos que le permite mantener un estado de homeostasis, a partir de la obtención de sus requerimientos por un medio de transporte de los nutrientes limitantes de las reservas endógenas o tejidos de depósito, lo anterior ha sido observado en los resultados encontrados en *Trachinotus carolinus* durante la evaluación postprandial de biomarcadores para la deficiencia de taurina.

En estudios de otras especies como *Trachinotus carolinus*, *Seriola quinqueradiata* y *Pagrus major* donde no se han encontrado efectos significativos en hematocrito por consecuencia de eventos tempranos de

455 deficiencias nutricionales (Takagi *et al.*, 2011), sugiriendo utilizar en etapas tempranas otros marcadores  
456 fisiológicos especie-específicos que presenten cambios más notables y de carácter significativo (Salze *et al.*,  
457 2016).

458 Tal como ha visto en peces alimentados con dietas con niveles de taurina no óptimos para el requerimiento  
459 nutricional de *Pagrus major*, resultados del estudio mostraron signos de hígado verde sin efectos notables en  
460 el porcentaje de hematocrito (Goto *et al.*, 2001).

461 Los cambios asociados a la concentración de hemoglobina en sangre se han visto en especies de peces bajo  
462 una alimentación de reemplazo de harina de pescado por fuentes vegetales. Takagi *et al.*, 2006 en una dieta  
463 basada en proteína de soya menciona que la disminución encontrada en hemoglobina y hematocrito está  
464 relacionada a la alta destrucción catabólica del grupo hemo que genera como subproducto un aumento de  
465 bilirrubina en peces de *S. quinquerediata* alimentados con dieta a base de harina de soya. De acuerdo a los  
466 resultados observados en esta variable en los juveniles de *T. macdonaldi* del presente estudio se observó una  
467 disminución de la hemoglobina en peces alimentados con dietas elaboradas con fuente de proteína (factor  
468 CPS) y que no fueron suplementadas con taurina, mientras que los mejores niveles de hemoglobina en la  
469 sangre se encontraron en los tratamientos con el nivel más alto de taurina (0.9%), de manera aparente  
470 pareciera ser que taurina ejerce un efecto en mantener los niveles altos de hemoglobina en los organismos sin  
471 importar el nivel de reemplazo de la fuente de proteína cuando se maneja ese nivel de suplementación en la  
472 dieta.

### 474 **Triglicéridos y Colesterol en plasma**

475 La concentración y clases de lípidos en la sangre están asociados a proteínas de transporte (lipoproteínas) y  
476 de la misma manera que la hematología, la química sanguínea nos muestra la historia nutricional a la que se  
477 han sido expuestos los peces de cultivo a través de los valores normales aparentes en las concentraciones  
478 encontradas en plasma de estos compuestos lipídicos, como se ha visto en etapas tempranas la importancia de  
479 los lípidos y clases en la dieta en la mejora de crecimiento, incremento de la supervivencia, resistencia al  
480 estrés por parte de los lípidos, en este estudio los peces al ser expuestos a diferentes tratamientos mostraron

481 posibles cambios en la capacidad de emulsificación, digestión y absorción de lípidos. Los análisis en plasma  
482 mostraron efectos de hipolipidemia en los peces alimentados con dietas elaboradas con fuentes vegetales  
483 como fuente de proteína, similar a lo que ha sido reportado en otras especies de peces como *Dicentrarchus*  
484 *labrax* y *Trachinotus carolinus* (Dias *et al.*, 2005; Bowyer *et al.*, 2013)(Citar Tocher *et al* 2008), en el  
485 presente estudio el mayor efecto sobre el metabolismo lipídico se encontró en la concentración de colesterol  
486 y triglicéridos en plasma, observandose una disminución significativa de estos niveles al aumentar la fuente  
487 de proteína vegetal en la dieta, y aparente recuperación de los niveles de forma significativa en las dietas  
488 suplementados con taurina.

489 El contenido de triglicéridos y colesterol disminuyo con la dieta control en un 100% y 400%  
490 respectivamente, debido al reemplazo de la fuente proteica, harina de pescado por concentrado de proteína de  
491 soya. Sin embargo, la inclusión de niveles de taurina dentro de cada grupo de reemplazo de proteína de soya  
492 por harina de pescado mostró un aumento significativo para triglicéridos y colesterol, siendo mayores los  
493 niveles de colesterol y triglicéridos en los tratamientos suplementados con taurina.

494 Los resultados coinciden con lo reportado por Satriyo *et al.*, 2017 observándose el mismo efecto en los  
495 niveles de colesterol y triglicéridos en plasma al aumentar el nivel de taurina, los autores observaron que el  
496 comportamiento de los niveles de triglicéridos mantiene un patrón cuadrático, siendo la dieta con menor  
497 concentración de taurina la que exhibe los valores más bajos de triglicéridos y colesterol, así mismo, señalan  
498 que es probable que se deba a la baja digestibilidad de las dietas. Estos efectos pueden deberse a la  
499 participación de taurina en el metabolismo de sales biliares. Salze *et al.*, 2016 mencionan el rol que juega  
500 taurina y sus derivados en la conjugación con ácido cólico uno de los principales ácidos biliares conjugados  
501 quienes promueven la formación de micelas y facilitan la actividad de lipasas, mejorando la digestión de  
502 estos lípidos y acelerando la absorción a través de las células del epitelio intestinal (enterocitos), de esta  
503 manera aumentando la concentración en plasma sanguíneo.

## 504 **Índices de Condición**

505

506 Es conocido que el uso de fuentes vegetales causa problemas relacionados a la morfología del tracto  
507 digestivo limitando la abundancia de nutrientes debido a cambios de la capacidad de enzimas digestivas de

508 los alimentos que afecta la absorción y asimilación a través de la bicapa lipídica en la membrana de los  
509 enterocitos, lo anterior, consecuencia de la presencia de compuestos antinutricionales presentes en fuentes de  
510 proteína de harina vegetal, estos cambios y modificaciones histopatológicas representan a la vez una  
511 modificación de la composición de los tejidos, como la acumulación de grasas características debida a la  
512 formación de células caliciformes que varían en abundancia a lo largo de la longitud del sistema digestivo  
513 como consecuencia del impacto de la dieta en la parte media y posterior del tracto digestivo (Vielma et al.  
514 2000, Santigosa et al. 2011; Bowyer et al. 2013).

515 En el presente estudio se observaron cambios en la condición fisiológica de los organismos, con diferencias  
516 significativas del Índice Hepatosomático e Índice Vicerosomático (IH y IV) entre los tratamientos  
517 experimentales, taurina afecta de forma significativa el IH de los organismos alimentados con las distintas  
518 dietas observándose una disminución conforme aumentaba el nivel de taurina dentro de cada grupo de  
519 reemplazo de proteína (CPS). Por otra parte, el reemplazo de la harina de pescado por concentrado de  
520 proteína de soya en la dieta no ha representado cambios asociados al índice hepatosomático y vicerosomático  
521 en juveniles de *Gadus morhua* con un reemplazo del 50% de la HP por CPS (Walker *et al.*, 2010).

522 En otro estudio con juveniles de *T. ovatus* donde fueron alimentados con un reemplazo del 80 % de la harina  
523 de pescado por proteína vegetal con dietas suplementadas con 5 g/kg de taurina, no manifestaron efectos  
524 sobre el índice hepatosomático de los organismos (Wu et al 2015), así mismo en otro estudio con  
525 *Paralichthys olivaceus* no se presentaron efectos de alteraciones morfológicas en los índices IH y IV al ser  
526 alimentados con dietas elaboradas con dos niveles de taurina (1 y 2%) utilizados como suplemento en la dieta  
527 de juveniles con peces con un peso inicial de 1.23g (Deng *et al.*, 2006)

528 Además del efecto en el índice hepatosomático y viscerosomático, los peces alimentados con dietas a base de  
529 CPS y diferentes niveles de taurina del presente estudio también mostraron un aparente cambio en el  
530 volumen de la bilis, observándose una reducción del índice biliar conforme aumentaba el nivel de taurina  
531 dentro del grupo CPS 0%, aunque no fue un resultado significativo al finalizar el tiempo de experimentación.  
532 Takagi *et al.*, 2008 señalan la relación entre el volumen de la vesícula biliar y la capacidad de liberación de  
533 bilis del hígado hacia esta, menciona que la sobreproducción hemolítica y el síndrome del hígado verde son

534 consecuencia de la baja capacidad de circulación entre estos, la cual es restaurada al mejorar las deficiencias  
535 de taurina en la dieta y los organismos son menos propensos ser diagnosticados con esta enfermedad. Sin  
536 embargo, de acuerdo con la observación visual en hígado al finalizar el periodo de alimentación en este  
537 estudio con juveniles de *T. macdonaldi* se encontró la presencia de hígado verde en los tratamientos de mayor  
538 inclusión de CPS (CPS 45%) sin ser suplementados con taurina, a pesar de los valores encontrados para el  
539 índice biliar se esperaría que estos se revelaran de forma más considerable en un mayor periodo de  
540 experimentación de sustitución de la harina de pescado por concentrado de proteína de soya. Salze et al 2016  
541 reportan que la presencia de taurina en la dieta favorece la formación de ácidos biliares conjugados y sus  
542 derivados lo que da como resultado una mayor formación de ácidos biliares conjugadas que son  
543 probablemente desechadas por las heces, ya que no pueden absorberse pasivamente por las paredes del  
544 intestino como los ácidos biliares no conjugados, alterando y no favoreciendo la recuperación por el  
545 mecanismo de recirculación entero hepático.

#### 546 **Análisis Bioquímico en Hígado**

547

548 Resultados notables se observaron a nivel hepático, siendo este órgano afectado de manera considerable  
549 debido a los tratamientos experimentales por el nivel de concentrado de proteína de soya y taurina. El  
550 contenido de taurina hepático es aportado principalmente por la fuente exógena debida a la baja o nula  
551 actividad de las principales enzimas involucradas en su síntesis, principalmente cisteína sulfinato  
552 descarboxilasa, a partir del metabolismo de aminoácidos azufrados, metionina y cisteína, que es esencial para  
553 especies de peces estrictamente carnívoros, su deficiencia puede perturbar la condición de salud de los  
554 organismos cuando las concentraciones en el tejido se encuentran por debajo de los rangos requeridos para la  
555 correcta función y homeostasis metabólica del organismo, misma concentración también se ve alterada  
556 cuando el periodo de deficiencia es mayor (Salze et al. 2012; Salze et al. 2016)

557 De acuerdo con los resultados obtenidos en la condición de salud, los cambios provocados por la dieta en los  
558 organismos no fueron significativos al grado de afectar y comprometer la supervivencia de los peces durante  
559 el tiempo de experimentación, lo cual coincide con estudios anteriores realizados en la misma especie con  
560 utilización de diversas fuentes de proteína como reemplazo de la harina de pescado, así como de la

561 utilización de Concentrado de Proteína de Soya, donde la supervivencia se ha visto por arriba del 95%  
562 (Trejo-Escamilla et al 2016; Bañuelos-Vargas et al 2014; López et al 2015; Zapata et al 2014). Los efectos  
563 encontrados sobre la actividad enzimas metabólicas analizadas en los organismos al finalizar el periodo de  
564 estudio fueron significativos para el metabolismo de aminoácidos y lipogénesis, tal como ha sido reportado  
565 por (Bañuelos-Vargas et al., 2014), quienes analizaron las principales enzimas del catabolismo de  
566 aminoácidos y gluconeogénesis en hígado de juveniles de *T. macdonaldi*, en base a sus resultados mencionan  
567 que los peces pueden sufrir una posible esteatosis hepática debida a una reducción del catabolismo de lípidos  
568 y glucosa, aunado a un incremento del contenido de lípidos y glucógeno en hígado sin aumento de la  
569 actividad de las enzimas anabólicas correspondientes, lo cual representa la utilización de otra fuente  
570 energética por parte del organismos para cumplir con sus necesidades metabólicas, lo anterior posiblemente  
571 debido a una disponibilidad energética de lípidos elevada en la sangre aparentemente debido al efecto de una  
572 eficiente absorción y asimilación de lípidos en consecuencia de la mejora de la digestibilidad de las grasas  
573 por el efecto de taurina en el sistema digestivo de sales biliares. .

574 De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio al incorporar concentrado de proteína de soya  
575 en la dieta suplementada con taurina, la tendencia de las actividades de G6PD y enzima málica, disminuyeron  
576 debido al reemplazo de HP por CPS, y la actividad en los tratamientos suplementados con taurina a partir de  
577 0.3% en la dieta fue elevada. Sin embargo, el efecto fue más notable en los tratamientos no suplementados  
578 con taurina en dietas con fuente vegetal como proteína de reemplazo y en el tratamiento de harina de pescado  
579 (CPS 0%).

580 El aumento en la actividad de G6PD está relacionado a una elevada producción de compuestos energéticos a  
581 partir de la ruta de glucolisis y por ende un aumento de radicales libres, los cuales posteriormente son  
582 contrarrestados debidos a la producción de reductores equivalentes de la G6PD (NADHP) como vía única e  
583 indirecta para evitar el daño oxidativo inducido por una alta producción de sustancias reactivas al oxígeno o  
584 radicales libres, lo cual ha sido reportado en el aumento de la actividad de las enzimas del sistema  
585 antioxidante de juveniles de *T macdonaldi* al ser alimentados con dietas suplementadas con taurina y  
586 reemplazo de harina de pescado por concentrado de proteína de soya (Bañuelos-Vargas et al., 2014). Li et

587 al., 2015 también encontraron una reducción del sistema antioxidante de *Platichthys stellatus* cuando la dieta  
588 contenía una inclusión mayor de 41.88 % de CPS como remplazo de la harina de pescado.

589 Además de los efectos en el metabolismo energético de juveniles de *T. macdonaldi* bajo alimentación con los  
590 distintos tratamientos experimentales, los resultados observados en el presente estudio mostraron cambios en  
591 la actividad de las enzimas alanina aminotransferasa y aspartato aminotransferasa indicando que el estado de  
592 salud de los organismos es comprometido cuando los juveniles son alimentados con dietas elaboradas con  
593 proteínas de origen vegetal, Li et al. 2015 observaron un aumento de la actividad de ALT y AST al  
594 incrementar la inclusión de CPS arriba del 40%, revelando una posible alteración del hígado debido al  
595 reemplazo moderado (41%) o alto (62%) de la harina de pescado por concentrado de proteína de soya.

596

597

598

599

600

601

602

## 603 **Conclusiones**

604 El uso de Concentrado de Proteína de Soya (CPS) en la dieta para juveniles de *Totoaba macdonaldi* es  
605 apto para el crecimiento y condiciones de salud con o sin suplementación de taurina dependiendo del nivel de  
606 reemplazo de la harina de pescado.

607 Se encontró que un porcentaje de reemplazo del 35% de la harina de pescado por CPS sin suplementación de  
608 taurina puede tener efectos positivos en el crecimiento sin afectar la salud de los organismos. Sin embargo,  
609 taurina ejerce un estímulo en los parámetros de crecimiento, eficiencia alimenticia y condiciones de salud de  
610 los organismos.

611 Un porcentaje mayor de reemplazo de la harina de pescado por 45 % de CPS en dietas para juveniles de *T.*  
612 *macdonaldi* requiere la suplementación de taurina mayor a 0.3% para obtener parámetros de crecimiento,  
613 eficiencia alimenticia y condiciones de salud dentro de los parámetros normales aparentes y conseguir un  
614 adecuado rendimiento del cultivo.

## 629 **Referencias**

- 630 A.G.J. Tacon., M.R. Hasan. and M. Metian. (2011). Demand and Supply of Feed Ingredients for Farmed  
631 Fish and Crustaceans: Trends and Prospects FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No.  
632 564. Rome, Italy Food and Agriculture Organization of the United Nations. 564: 87.
- 633 Ai, Q., B. Yun, K. Mai, W. Xu, G. Qi and Y. Luo (2012). "Synergistic effects of dietary cholesterol and  
634 taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus*  
635 *maximus* L.) fed high plant protein diets." *Aquaculture* 324: 85-91.
- 636 Al-Feky, S. S. A., A. F. M. El-Sayed and A. A. Ezzat (2016). "Dietary taurine improves reproductive  
637 performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock." *Aquaculture Nutrition* 22(2): 392-  
638 399.
- 639 Allon, G., A. Gaon, O. Nixon, A. Bitan, A. Tandler and W. Koven (2016). "A novel approach to introduce  
640 nutrients into the fish egg; the effect of egg taurine on first feeding gilthead sea bream (*Sparus*  
641 *aurata*) performance." *Aquaculture* 451: 93-98.
- 642 Aragão, C., N. Richard and R. Colen (2017). "Supplementing taurine to plant-based diets improves lipid  
643 digestive capacity and amino acid retention of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles."  
644 *Aquaculture* 468: 94-101.
- 645 Asche, F., A. Oglend and S. Tveteras "- Regime Shifts in the Fish Meal/Soybean Meal Price Ratio." - *Journal*  
646 *of Agricultural Economics*(- 1): - 97.
- 647 Bañuelos-Vargas, I., L. M. López, A. Pérez-Jiménez and H. Peres (2014). "Effect of fishmeal replacement by  
648 soy protein concentrate with taurine supplementation on hepatic intermediary metabolism and  
649 antioxidant status of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*)." *Comparative Biochemistry and*  
650 *Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 170: 18-25.
- 651 Berge, G. M., B. Grisdale-Helland and S. J. Helland (1999). "Soy protein concentrate in diets for Atlantic  
652 halibut (*Hippoglossus hippoglossus*)." *Aquaculture* 178(1): 139-148.

653 Bowyer, J. N., J. G. Qin, R. P. Smullen, L. R. Adams, M. J. S. Thomson and D. A. J. Stone (2013). "The use  
654 of a soy product in juvenile yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) feeds at different water  
655 temperatures: 2. Soy protein concentrate." *Aquaculture* 410: 1-10.

656 Bradford, M. M. (1976). "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of  
657 protein utilizing the principle of protein-dye binding." *Analytical Biochemistry* 72(1): 248-254.

658 Collins, S. A., M. Øverland, A. Skrede and M. D. Drew (2013). "Effect of plant protein sources on growth  
659 rate in salmonids: Meta-analysis of dietary inclusion of soybean, pea and canola/rapeseed meals and  
660 protein concentrates." *Aquaculture* 400: 85-100.

661 D, M., M. F, T. L, A. JM, T. S, F.-V. A, N. D and I. MS (2008). "Replacement of dietary fish oil by  
662 vegetable oils affects humoral immunity and expression of pro-inflammatory cytokines genes in  
663 gilthead sea bream *Sparus aurata*." *Fish & Shellfish Immunology* 29(6): 1073-1081.

664 Day, O. J. and H. G. P. González (2000). "Soybean protein concentrate as a protein source for turbot  
665 *Scophthalmus maximus* L." *Aquaculture Nutrition* 6(4): 221-228.

666 Deng, J., K. Mai, Q. Ai, W. Zhang, X. Wang, W. Xu and Z. Liufu (2006). "Effects of replacing fish meal  
667 with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys*  
668 *olivaceus*." *Aquaculture* 258(1): 503-513.

669 Dias, J., M. J. Alvarez, J. Arzel, G. Corraze, A. Diez, J. M. Bautista and S. J. Kaushik (2005). "Dietary  
670 protein source affects lipid metabolism in the European seabass (*Dicentrarchus labrax*)."  
671 *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 142(1): 19-  
672 31.

673 Dragnes, B. T., M. H. Larsen R Fau - Ernstsens, H. Ernstsens Mh Fau - Maehre, E. O. Maehre H Fau - Elvevoll  
674 and E. O. Elvevoll (2009). "Impact of processing on the taurine content in processed seafood and  
675 their corresponding unprocessed raw materials." (1465-3478).

676 Enami, H. R. (2011). "A review of using canola/rapeseed meal in aquaculture feeding." *Journal of Fisheries*  
677 *and Aquatic Science* 6(1): 22.

678 FAO (2012). *El estado mundial de pesca y acuicultura 2012*. Roma.

679 Gaylord, T. G., A. M. Teague and F. T. Barrows (2006). "Taurine Supplementation of All-plant Protein Diets  
680 for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)." *Journal of the World Aquaculture Society* 37(4): 509-  
681 517.

682 Goto, T., S. Takagi, T. Ichiki, T. Sakai, M. Endo, T. Yoshida, M. Ukawa and H. Murata (2001). "Studies on  
683 the green liver in cultured red sea bream fed low level and non-fish meal diets: Relationship between  
684 hepatic taurine and biliverdin levels." *Fisheries Science* 67(1): 58-63.

685 Greiner, R. and U. Konietzny (2005). *Phytase for Food Application*.

686 Hayes, K. C. (1976). "A review on the biological function of taurine." *Nutrition reviews* 34(6): 161-165.

687 Hua, K. and D. P. Bureau (2012). "Exploring the possibility of quantifying the effects of plant protein  
688 ingredients in fish feeds using meta-analysis and nutritional model simulation-based approaches."  
689 *Aquaculture* 356: 284-301.

690 Huxtable, R. J. (1992). "Physiological actions of taurine." *Physiological reviews* 72(1): 101-163.

691 Jackson, A. (2012). "Fishmeal and fish oil and its role in sustainable aquaculture." *International aquafeed*  
692 15(1): 18-21.

693 Jirsa, D., D. A. Davis, G. P. Salze, M. Rhodes and M. Drawbridge (2014). "Taurine requirement for juvenile  
694 white seabass (*Atractoscion nobilis*) fed soy-based diets." *Aquaculture* 422: 36-41.

695 Kader, M. A., S. Koshio, M. Ishikawa, S. Yokoyama and M. Bulbul (2010). "Supplemental effects of some  
696 crude ingredients in improving nutritive values of low fishmeal diets for red sea bream, *Pagrus*  
697 *major*." *Aquaculture* 308(3): 136-144.

698 Koven, W., A. Peduel, M. Gada, O. Nixon and M. Ucko (2016). "Taurine improves the performance of white  
699 grouper juveniles (*Epinephelus Aeneus*) fed a reduced fish meal diet." *Aquaculture* 460: 8-14.

700 Kumar, V., A. K. Sinha, H. P. S. Makkar, G. De Boeck and K. Becker "- Phytate and phytase in fish  
701 nutrition." - *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*(- 3): - 335.

702 Li, P. Y., J. Y. Wang, Z. D. Song, L. M. Zhang, H. Zhang, X. X. Li and Q. Pan (2015). "Evaluation of soy  
703 protein concentrate as a substitute for fishmeal in diets for juvenile starry flounder (*Platichthys*  
704 *stellatus*)." *Aquaculture* 448: 578-585.

705 Lim, S.-J., D.-H. Oh, S. Khosravi, J.-H. Cha, S.-H. Park, K.-W. Kim and K.-J. Lee (2013). "Taurine is an  
706 essential nutrient for juvenile parrot fish *Oplegnathus fasciatus*." *Aquaculture* 414: 274-279.

707 Lopez, L. M., I. Flores-Ibarra M Fau - Banuelos-Vargas, M. A. Banuelos-Vargas I Fau - Galaviz, C. D.  
708 Galaviz Ma Fau - True and C. D. True (2015). "Effect of fishmeal replacement by soy protein  
709 concentrate with taurine supplementation on growth performance, hematological and biochemical  
710 status, and liver histology of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*)." (1573-5168 (Electronic)).

711 Maita, M., J. Maekawa, K.-i. Satoh, K. Futami and S. Satoh "- Disease resistance and hypocholesterolemia in  
712 yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed a non-fishmeal diet." - *Fisheries Science*(- 3): - 513.

713 Matsunari, H., H. Furuita, T. Yamamoto, S.-K. Kim, Y. Sakakura and T. Takeuchi (2008). "Effect of dietary  
714 taurine and cystine on growth performance of juvenile red sea bream *Pagrus major*." *Aquaculture*  
715 274(1): 142-147.

716 Matsunari, H., T. Takeuchi, M. Takahashi and K. Mushiake (2005). "Effect of dietary taurine  
717 supplementation on growth performance of yellowtail juveniles *Seriola quinqueradiata*." *Fisheries*  
718 *Science* 71(5): 1131-1135.

719 Morales, A. E., L. García-Rejón and M. De La Higuera (1990). "Influence of handling and/or anaesthesia on  
720 stress response in rainbow trout. Effects on liver primary metabolism." *Comparative Biochemistry*  
721 *and Physiology Part A: Physiology* 95(1): 87-93.

722 Naylor, R. L., D. P. Hardy Rw Fau - Bureau, A. Bureau Dp Fau - Chiu, M. Chiu A Fau - Elliott, A. P. Elliott  
723 M Fau - Farrell, I. Farrell Ap Fau - Forster, D. M. Forster I Fau - Gatlin, R. J. Gatlin Dm Fau -  
724 Goldberg, K. Goldberg Rj Fau - Hua, P. D. Hua K Fau - Nichols and P. D. Nichols (2009). "Feeding  
725 aquaculture in an era of finite resources." (1091-6490 (Electronic)).

726 Park, G.-S., T. Takeuchi, M. Yokoyama and T. Seikai (2002). "Optimal dietary taurine level for growth of  
727 juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*." *Fisheries Science* 68(4): 824-829.

728 Qi, G., Q. Ai, K. Mai, W. Xu, Z. Liufu, B. Yun and H. Zhou (2012). "Effects of dietary taurine  
729 supplementation to a casein-based diet on growth performance and taurine distribution in two sizes  
730 of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.)." *Aquaculture* 358: 122-128.

731 Salze, G., E. McLean and S. R. Craig (2012). "Dietary taurine enhances growth and digestive enzyme  
732 activities in larval cobia." *Aquaculture* 362: 44-49.

733 Salze, G. P. and D. A. Davis (2015). "Taurine: a critical nutrient for future fish feeds." *Aquaculture* 437: 215-  
734 229.

735 Salze, G. P., E. Spangler, P. A. Cobine, M. Rhodes and D. A. Davis (2016). "Investigation of biomarkers of  
736 early taurine deficiency in Florida pompano *Trachinotus carolinus*." *Aquaculture* 451: 254-265.

737 Santigosa, E., I. García-Meilán, J. M. Valentin, J. Pérez-Sánchez, F. Médale, S. Kaushik and M. A. Gallardo  
738 (2011). "Modifications of intestinal nutrient absorption in response to dietary fish meal replacement  
739 by plant protein sources in sea bream (*Sparus aurata*) and rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*)."  
740 *Aquaculture* 317(1): 146-154.

741 Satriyo, T. B., M. A. Galaviz, G. Salze and L. M. López (2017). "Assessment of dietary taurine essentiality  
742 on the physiological state of juvenile *Totoaba macdonaldi*." *Aquaculture Research*: n/a-n/a.

743 Singer, T. D., V. G. Mahadevappa and J. S. Ballantyne (1990). "Aspects of the Energy Metabolism of Lake  
744 Sturgeon, *Acipenser fulvescens*, with Special Emphasis on Lipid and Ketone Body Metabolism."  
745 *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47(5): 873-881.

746 Takagi, S., H. Murata, T. Goto, M. Endo, H. Yamashita and M. Ukawa (2008). "Taurine is an essential  
747 nutrient for yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fish meal diets based on soy protein  
748 concentrate." *Aquaculture* 280(1): 198-205.

749 Takagi, S., H. Murata, T. Goto, H. Hatate, M. Endo, H. Yamashita, H. Miyatake and M. Ukawa (2011).  
750 "Role of taurine deficiency in inducing green liver symptom and effect of dietary taurine  
751 supplementation in improving growth in juvenile red sea bream *Pagrus major* fed non-fishmeal diets  
752 based on soy protein concentrate." *Fisheries Science* 77(2): 235-244.

753 Takagi, S., H. Murata, T. Goto, M. Hayashi, H. Hatate, M. Endo, H. Yamashita and M. Ukawa (2006).  
754 "Hemolytic suppression roles of taurine in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fishmeal diet  
755 based on soybean protein." *Fisheries Science* 72(3): 546-555.

- 756 Trejo-Escamilla, I., M. A. Galaviz, M. Flores-Ibarra, C. A. Álvarez González and L. M. López (2016).  
757 "Replacement of fishmeal by soya protein concentrate in the diets of *Totoaba macdonaldi* (Gilbert,  
758 1890) juveniles: effect on the growth performance, in vitro digestibility, digestive enzymes and the  
759 haematological and biochemistry parameters." *Aquaculture Research* 48(8): 4038-4057.
- 760 Vielma, J., T. Mäkinen, P. Ekholm and J. Koskela (2000). "Influence of dietary soy and phytase levels on  
761 performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal  
762 availability of phosphorus load." *Aquaculture* 183(3): 349-362.
- 763 Walker, A. B., I. F. Sidor, T. O'Keefe, M. Cremer and D. L. Berlinsky (2010). "Partial Replacement of Fish  
764 Meal with Soy Protein Concentrate in Diets of Atlantic Cod." *North American Journal of*  
765 *Aquaculture* 72(4): 343-353.
- 766 Wu, Y., H. Han, J. Qin and Y. Wang (2015). "Replacement of fishmeal by soy protein concentrate with  
767 taurine supplementation in diets for golden pompano (*Trachinotus ovatus*)." *Aquaculture Nutrition*  
768 21(2): 214-222.
- 769 Yokoyama, M., T. Takeuchi, G. S. Park and J. Nakazoe (2001). "Hepatic cysteinesulphinatase decarboxylase  
770 activity in fish." *Aquaculture Research* 32: 216-220.
- 771

## TABLAS Y FIGURAS

### Lista de tablas

**Tabla I.** Efecto de los tratamientos experimentales en la composición proximal en tejidos (musculo e hígado) de juveniles de *T. macdonaldi* alimentados con dietas formuladas a base de proteína de CPS y niveles de Taurina

**Tabla II.** Composición proximal de dietas experimentales formuladas de acuerdo con los requerimientos nutricionales de juveniles de *T. macdonaldi*.

**Tabla III.** Composición proximal en tejidos de juveniles de *T. macdonaldi* alimentados con dietas de reemplazo de HP con CPS y niveles de Tau.

**Tabla IV.** Parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia de juveniles de *T. macdonaldi* alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de soya (CPS) y niveles de taurina (Tau) bajo condiciones dietarías experimentales.

**Tabla V.** Índices de condiciones de juveniles de *T. macdonaldi* bajo diferentes tratamientos experimentales con dietas elaboradas a base de CPS y niveles de Tau.

**Tabla VI.** Hematología y química sanguínea de juveniles de *T. macdonaldi* bajo condiciones dietarías experimentales a base de alimento formulado con CPS y niveles de Tau.

**Tabla VII.** Actividad enzimática y análisis bioquímico en hígado de juveniles de *T. macdonaldi* bajo condiciones nutricionales en experimentación con dietas alimentarias formuladas a base de CPS y niveles de Tau.

### Lista de figuras

**Figura I.** Efecto en el crecimiento (peso ganado) de juveniles de *T. macdonaldi* alimentados con dietas formuladas a base de CPS y niveles de Tau.

**Figura II.** Analisis de la hematologia y quimica sanguinea de juveniles de *T. macdonaldi* alimentados con dietas con niveles de CPS y Tau como reemplazo de la fuente de proteina de HP.

**Figura III.** Análisis bioquímico y actividad enzimática en hígado de juveniles de *T. macdonaldi* alimentados con dietas a base de CPS y Tau.

798

799

800

**Tabla I.**

801

Ingredientes	CPS0 Tau0.0	CPS0 Tau0.3	CPS0 Tau0.6	CPS0 Tau0.9	CPS30 Tau0.0	CPS30 Tau0.3	CPS30 Tau0.6	CPS30 Tau0.9	CPS45 Tau0.0	CPS45 Tau0.3	CPS45 Tau0.6	CPS45 Tau0.9
Harina de pescado	62.50	62.10	61.90	61.50	39.20	38.90	38.50	38.20	27.95	27.75	27.55	27.45
Proteína de soya	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	25.90	26.00	26.00	39.00	38.85	38.65	38.45
Nutrikelp®Aglutinante	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35
Harina de trigo	6.80	6.80	6.80	6.80	6.50	6.50	6.50	6.50	6.43	6.43	6.43	6.43
Harina de maíz	6.80	6.80	6.80	6.80	6.50	6.50	6.50	6.50	6.43	6.43	6.43	6.43
Gelatina	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Celulosa	6.55	6.85	6.75	6.75	2.55	3.15	3.15	3.05	0.55	1.10	1.20	1.10
Aceite de pescado	4.00	4.00	4.00	4.00	4.60	4.60	4.50	4.60	5.25	5.25	5.25	5.30
Aceite de soya	3.30	3.30	3.30	3.40	3.60	3.60	3.70	3.70	3.35	3.35	3.35	3.40
Mezcla de minerales	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Mezcla de vitaminas	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sopropeche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cloruro de colina	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Vitamina C	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamina E	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Triptófano	0.40	0.40	0.40	0.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Taurina (	0.00	0.30	0.60	0.90	0.00	0.30	0.60	0.90	0.00	0.30	0.60	0.90
Lisina	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Metionina	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calcio	0.20	0.20	0.2	0.20	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
TOTAL	100.00	100.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

802

803 **Tabla II.**

804

805

806

807

808

809

810

811

	% Proteína	% Lípidos	% Ceniza	% Humedad	ELN
CPS 0 Tau 0.0	47.9 ± .20	14.3 ± 0.46	16.1 ± 0.23	4.9 ± 0.01	17.49
CPS 0 Tau 0.3	46.4 ± .19	14.3 ± 1.31	14.5 ± 0.06	6.0 ± 0.49	19.59
CPS 0 Tau 0.6	50.1 ± .68	13.5 ± 0.08	15.7 ± 0.13	3.6 ± 0.13	17.62
CPS 0 Tau 0.9	49.6 ± .94	14.2 ± 0.34	16.0 ± 0.40	3.3 ± 0.04	17.36
CPS 30 Tau 0.0	47.6 ± .76	16.3 ± 0.43	11.4 ± 0.22	5.5 ± 0.25	20.10
CPS 30 Tau 0.3	47.1 ± .19	16.6 ± 0.62	11.4 ± 0.22	4.3 ± 0.37	21.38
CPS 30 Tau 0.6	46.8 ± .63	17.2 ± 0.05	11.3 ± 0.24	5.2 ± 0.18	20.45
CPS 30 Tau 0.9	46.6 ± .52	15.0 ± 0.75	11.4 ± 0.29	5.8 ± 0.78	22.07
CPS 45 Tau 0.0	45.8 ± .06	14.5 ± 0.83	9.3 ± 0.40	5.4 ± 0.30	25.76
CPS 45 Tau 0.3	49.1 ± .08	14.1 ± 0.69	9.6 ± 0.30	4.1 ± 0.27	23.63
CPS 45 Tau 0.6	49.6 ± .19	15.3 ± 0.71	8.9 ± 0.93	2.1 ± 0.31	24.45
CPS 45 Tau 0.9	47.1 ± .63	14.5 ± 0.49	9.3 ± 0.34	4.4 ± 0.65	25.36

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

Tabla III.

Tejido	Musculo				Hígado			
Dieta	% Proteína	% Lípidos	% Ceniza	% Humedad	% Proteína	% Lípidos	% Ceniza	% Humedad
CPS 0 Tau 0.0	86±1.54	7.2±0.37	5.1±0.22	5.1±0.88	34±4.2	50±1.82	3.7±0.29	6.2±0.82
CPS 0 Tau 0.3	85±1.42	6.6±0.45	5.3±0.10	6.1±0.92	32±0.5	42±2.91	3.7±0.59	6.7±0.87
CPS 0 Tau 0.6	88±2.73	7.0±0.79	5.3±0.32	4.1±0.96	39±7.8	38±1.31	4.8±0.29	8.7±1.86
CPS 0 Tau 0.9	86±0.48	6.7±0.14	5.2±0.10	5.3±0.33	47±0.6	39±0.50	4.3±0.19	5.6±1.53
CPS 30 Tau 0.0	87±1.01	5.4±0.21	5.6±0.17	5.1±0.37	39±4.6	45±5.01	3.9±0.23	8.4±1.71
CPS 30 Tau 0.3	88±2.71	6.6±0.67	5.4±0.10	4.9±0.49	42±3.8	43±2.81	3.8±0.33	8.3±1.49
CPS 30 Tau 0.6	81±7.13	6.8±0.60	5.1±0.16	7.4±2.83	46±0.4	42±0.91	3.9±0.06	3.9±0.29
CPS 30 Tau 0.9	88±2.89	5.3±0.13	5.5±0.18	4.3±0.83	50±1.1	35±2.90	4.7±0.43	6.9±2.53
CPS 45 Tau 0.0	88±0.13	5.6±0.33	5.8±0.16	5.3±0.83	46±0.6	32±0.33	5.5±0.25	13.6±0.78
CPS 45 Tau 0.3	89±0.66	6.4±0.23	5.8±0.18	3.4±0.68	49±2.9	34±0.59	4.5±0.19	5.7±1.09
CPS 45 Tau 0.6	88±1.25	5.9±0.18	5.6±0.39	4.9±0.62	56±2.5	30±0.90	5.7±0.28	8.2±2.81
CPS 45 Tau 0.9	86±0.05	6.3±0.21	5.6±0.13	5.0±0.93	47±5.9	37±2.09	4.6±0.27	6.9±2.38

828

829

830

831

832

833

834

	Proteína	Lípidos	Ceniza	Humedad	Proteína	Lípidos	Ceniza	Humedad
CPS	0.564	0.007	0.007	0.692	0.002	<0,001	<0,001	0.271
TAU	0.766	0.242	0.758	0.916	0.03	0.02	0.031	0.156
CPS x TAU	0.496	0.132	0.741	0.347	0.252	0.023	0.024	0.06

835 **Tabla IV.**

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

Dieta	HP + 0%CPS				HP + 30%CPS				HP + 45%CPS							
% Taurina	0	0.3	0.6	0.9	0	0.3	0.6	0.9	0	0.3	0.6	0.9				
Pi	92 ± 0.37	92 ± 0.30	91 ± 0.49	92 ± 0.28	91 ± 0.41	92 ± 0.35	92 ± 0.36	91 ± 0.35	92 ± 0.37	92 ± 0.37	91 ± 0.41	92 ± 0.50				
Pf	238 ± 6.4	260 ± 5.7	257 ± 6.0	262 ± 7.0	233 ± 0.8	262 ± 8.8	275 ± 10.1	247 ± 9.1	203 ± 5.4	222 ± 5.8	229 ± 9.1	247 ± 10.6				
PG	160 ± 0.84	184 ± 11.20	180 ± 0.94	186 ± 13.87	153 ± 1.29	186 ± 3.98	201 ± 2.37	169 ± 4.63	122 ± 5.69	143 ± 5.58	149 ± 26.82	169 ± 5.14				
SGR	1.1 ± 0.00	1.2 ± 0.05	1.2 ± 0.00	1.2 ± 0.06	1.1 ± 0.01	1.2 ± 0.02	1.3 ± 0.01	1.2 ± 0.02	0.9 ± 0.03	1.1 ± 0.03	1.1 ± 0.13	1.2 ± 0.02				
IH	1.62 ± 0.29	1.08 ± 0.09	0.76 ± 0.03	0.83 ± 0.03	1.01 ± 0.10	0.85 ± 0.04	0.84 ± 0.02	0.75 ± 0.02	0.96 ± 0.05	0.77 ± 0.03	0.80 ± 0.05	0.79 ± 0.02				
IH	3.4 ± 0.09	3.5 ± 0.08	3.1 ± 0.06	3.1 ± 0.01	3.6 ± 0.03	3.3 ± 0.09	3.2 ± 0.04	3.3 ± 0.06	3.6 ± 0.13	3.4 ± 0.10	3.5 ± 0.21	3.5 ± 0.07				
IV	0.14 ± 0.00	0.14 ± 0.00	0.13 ± 0.00	0.12 ± 0.00	0.12 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.00	0.13 ± 0.00	0.11 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.13 ± 0.01				
IB	1.0 ± 0.04	1.1 ± 0.01	1.1 ± 0.11	1.2 ± 0.02	1.0 ± 0.03	1.2 ± 0.06	1.2 ± 0.04	1.2 ± 0.01	1.0 ± 0.06	1.0 ± 0.02	0.9 ± 0.24	1.1 ± 0.04				
FER	1.0 ± 0.04	0.9 ± 0.01	0.9 ± 0.10	0.9 ± 0.02	1.0 ± 0.03	0.8 ± 0.04	0.8 ± 0.02	0.9 ± 0.00	1.1 ± 0.07	1.0 ± 0.02	1.3 ± 0.35	0.9 ± 0.04				
	Parámetro				CPS				Taurina				Interacción			
	PI				0.550				0.584				0.898			
	PF				<0.001				0.009				0.453			
	PG				<0.001				0.008				0.312			
	SGR				0.001				0.009				0.32			
	IH				0.089				<0.001				0.007			
	IV				0.006				0.007				0.04			
	IB				0.471				0.109				0.041			
	FER				0.033				0.459				0.676			
	FCR				0.033				0.459				0.676			

851

852

853 **Tabla V.**

Dieta	Índice Biliar	Índice Hepatosomático	Índice Viserosomático
CPS 0 Tau 0.0	0.13 ± 0.004	0.97 ± 0.096	3.5 ± 0.11
CPS 0 Tau 0.3	0.13 ± 0.006	1.02 ± 0.257	3.5 ± 0.02
CPS 0 Tau 0.6	0.12 ± 0.015	0.75 ± 0.036	3.1 ± 0.06
CPS 0 Tau 0.9	0.11 ± 0.007	0.82 ± 0.074	3.1 ± 0.03
CPS 30 Tau 0.0	0.12 ± 0.015	0.94 ± 0.108	3.6 ± 0.00
CPS 30 Tau 0.3	0.12 ± 0.028	0.83 ± 0.003	3.2 ± 0.03
CPS 30 Tau 0.6	0.12 ± 0.004	0.84 ± 0.004	3.2 ± 0.00
CPS 30 Tau 0.9	0.12 ± 0.001	0.78 ± 0.032	3.2 ± 0.05
CPS 45 Tau 0.0	0.10 ± 0.004	0.97 ± 0.018	3.7 ± 0.32
CPS 45 Tau 0.3	0.13 ± 0.012	0.77 ± 0.005	3.4 ± 0.13
CPS 45 Tau 0.6	0.13 ± 0.012	0.87 ± 0.012	3.3 ± 0.00
CPS 45 Tau 0.9	0.13 ± 0.013	0.80 ± 0.087	3.5 ± 0.10

854

855

856

857 **Tabla VI.**

Dieta		HP + 0%CPS				HP + 30%CPS				HP + 45%CPS			
% Taurina	0	0.3	0.6	0.9	0	0.3	0.6	0.9	0	0.3	0.6	0.9	
Hb	6.6 ± 0.46	8.8 ± 0.35	7.0 ± 0.37	8.0 ± 0.26	6.4 ± 0.21	7.1 ± 0.22	6.6 ± 0.36	7.1 ± 0.49	6.4 ± 0.41	6.8 ± 0.41	6.2 ± 0.23	7.3 ± 0.39	
Hk	21 ± 2.52	28 ± 1.20	24 ± 1.61	30 ± 1.61	24 ± 2.33	23 ± 1.32	24 ± 1.92	27 ± 1.50	27 ± 2.85	23 ± 2.37	22 ± 1.37	20 ± 2.51	
Alb	0.4 ± 0.03	0.4 ± 0.02	0.4 ± 0.04	0.4 ± 0.04	0.3 ± 0.03	0.3 ± 0.04	0.4 ± 0.06	0.4 ± 0.02	0.4 ± 0.03	0.4 ± 0.02	0.3 ± 0.04	0.5 ± 0.03	
Glu	47 ± 3.7	69 ± 4.0	54 ± 5.1	76 ± 2.7	48 ± 6.4	44 ± 6.2	45 ± 5.5	48 ± 2.9	56 ± 3.8	56 ± 6.4	41 ± 4.7	48 ± 4.0	
Pt	2.8 ± 0.16	3.0 ± 0.16	2.8 ± 0.14	2.9 ± 0.11	2.3 ± 0.24	2.6 ± 0.08	2.6 ± 0.12	3.0 ± 0.14	2.8 ± 0.16	2.8 ± 0.16	2.5 ± 0.18	3.0 ± 0.25	
Chol	41 ± 2.82	70 ± 3.18	62 ± 4.96	78 ± 3.95	25 ± 2.06	48 ± 2.51	54 ± 1.62	58 ± 4.31	16 ± 1.13	43 ± 2.72	40 ± 3.97	48 ± 4.54	
Trig	49 ± 5.21	61 ± 4.35	43 ± 4.38	44 ± 3.23	29 ± 1.10	40 ± 2.94	46 ± 2.87	45 ± 3.25	34 ± 2.33	54 ± 2.65	35 ± 3.05	59 ± 2.94	
AST	7.7 ± 1.04	10.0 ± 1.37	14.8 ± 4.21	8.8 ± 0.73	9.5 ± 1.64	21.1 ± 1.70	23.0 ± 6.15	12.7 ± 3.90	10.5 ± 1.31	16.1 ± 3.98	12.9 ± 4.95	9.8 ± 0.79	
ALT	3.4 ± 0.45	4.2 ± 0.34	5.1 ± 0.13	4.9 ± 0.78	4.2 ± 0.56	3.3 ± 0.57	4.0 ± 0.74	3.3 ± 0.37	3.8 ± 0.46	3.0 ± 0.38	3.4 ± 0.28	4.9 ± 0.70	
	Parámetro	CPS				Taurina				Interacción			
	Hb	0.001				<0.001				0.227			
	Hk	0.172				0.547				0.012			
	Alb	0.142				0.093				0.414			
	Glu	<0.001				0.024				0.002			
	Pt	0.145				0.072				0.498			
	Chol	<0.001				<0.001				0.464			
	Trig	0.001				<0.001				<0.001			
	AST	0.077				0.041				0.739			
	ALT	0.171				0.271				0.106			

873

874

875

876 **Tabla VII**

877

878

879

880

881

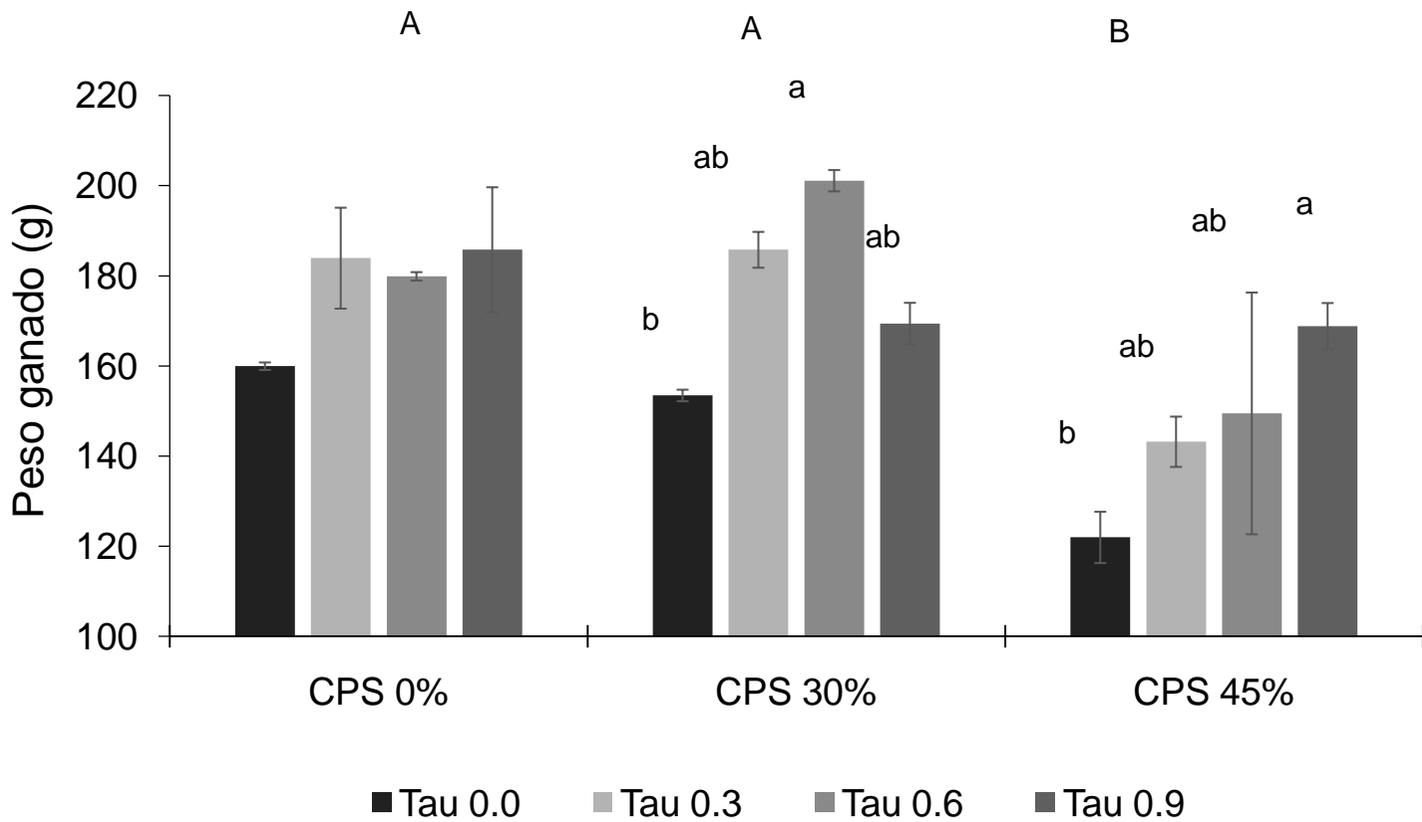
882

883

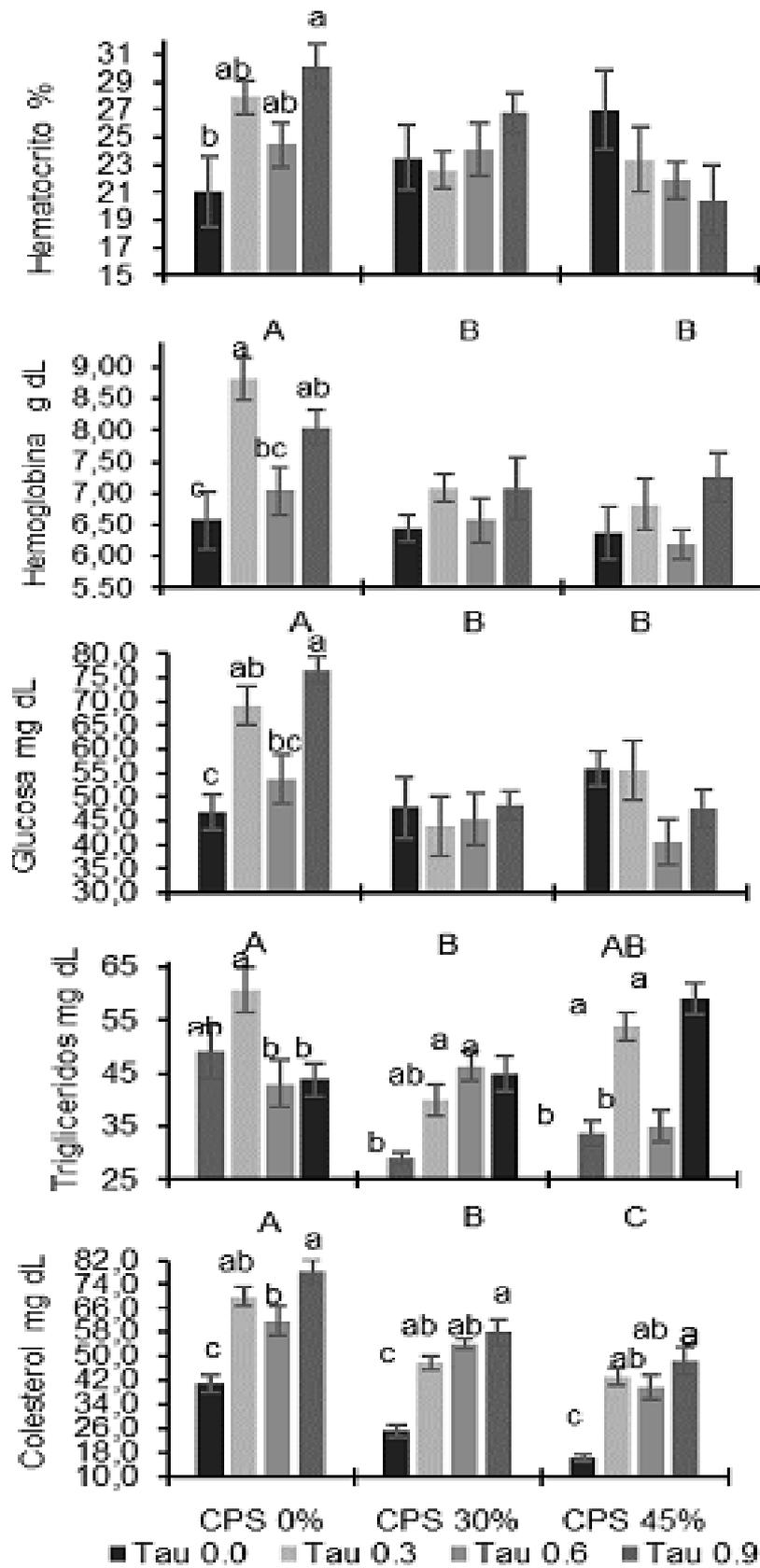
Dieta	HP + 0%CPS				HP + 30%CPS				HP + 45%CPS			
% Taurina	0	0.3	0.6	0.9	0	0.3	0.6	0.9	0	0.3	0.6	0.9
AST	6.9±0.44	6.1±0.86	7.3±1.35	6.9±0.52	7.7±1.01	8.0±0.89	7.3±0.51	6.4±0.94	6.0±0.69	7.2±1.00	7.4±0.50	6.4±0.67
ALT	1.3±0.07	2.0±0.18	1.8±0.19	2.3±0.15	1.1±0.03	1.6±0.19	2.0±0.12	1.9±0.15	0.9±0.07	1.5±0.17	1.5±0.22	1.0±0.28
MALICO	68±3.4	98±3.2	101±2.8	93±5.6	53±3.2	82±6.4	96±6.2	73±3.5	51±3.9	79±5.4	75±8.7	83±5.4
G6PD	183±10	271±13	222±5	446±11	144±8	273±20	247±13	198±10	131±9	150±11	140±15	153±16
Chol	16.1 ± 1.5	16.4 ± 1.5	14.6 ± 1.2	12.6 ± 0.8	11.9 ± 1.7	12.9 ± 2.3	13.0 ± 2.7	12.0 ± 0.6	13.0 ± 1.0	13.5 ± 1.7	10.8 ± 0.7	9.6 ± 0.7
Trig	593±48	385±25	422±46	431±39	446±44	347±26	334±37	479±35	480±45	520±39	418±37	501±21

Parámetro	CPS	Taurina	Interacción
AST	0.498	0.726	0.737
ALT	<0.001	<0.001	0.064
MALICO	<0.001	<0.001	0.169
G6PD	<0.001	<0.001	<0.001
Chol	0.01	0.119	0.84
Trig	0.014	0.002	0.024



886 **Figura I.**

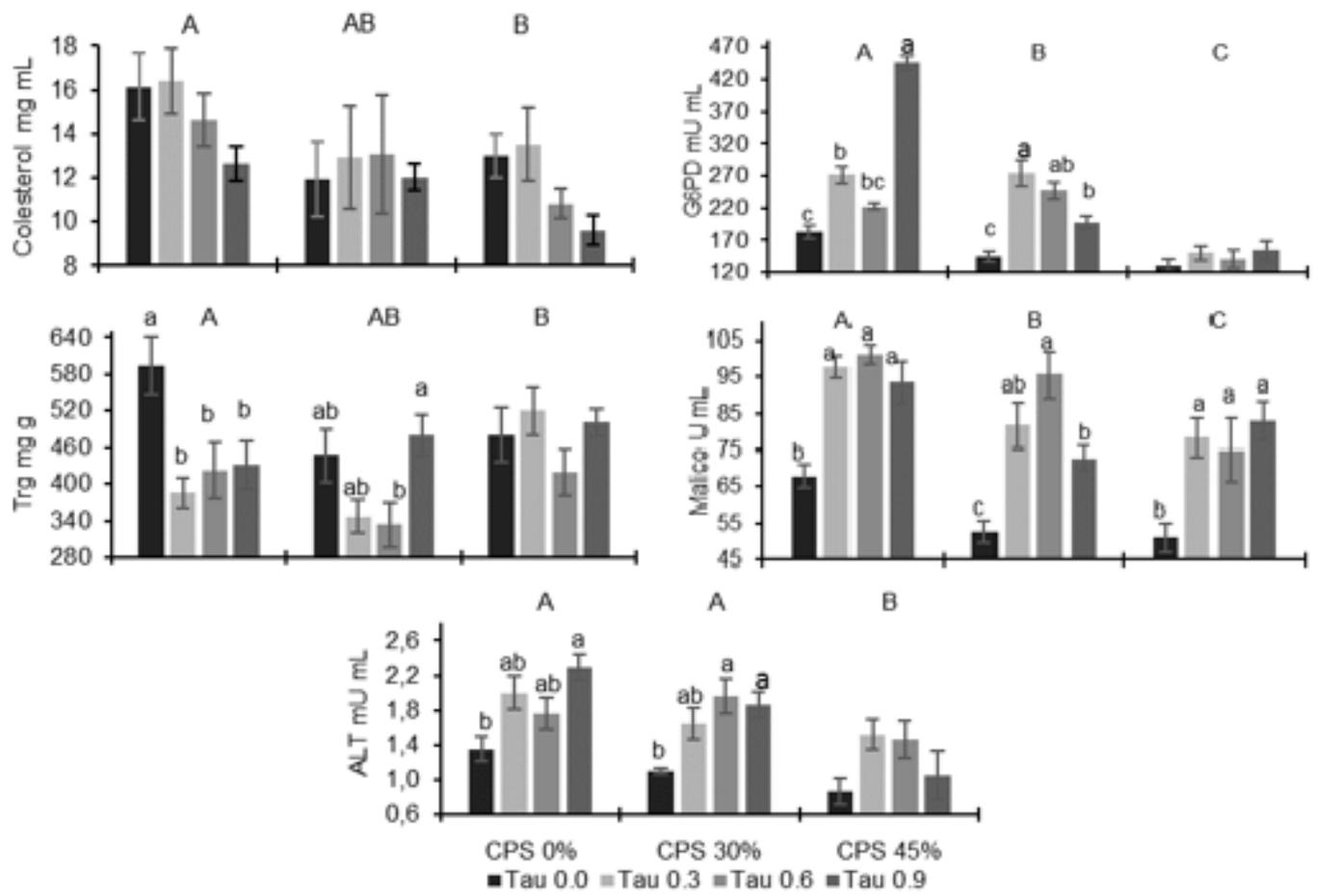


888

889 **Figura II.**

890

891



892

893

Figura III.