



**Centro de Investigación en
Alimentación y Desarrollo, A.C.**

**EVALUACIÓN DE LA SUPLEMENTACIÓN DE TAURINA
EN DIETAS A BASE DE HARINA DE SOYA Y SU
EFECTO EN EL METABOLISMO DEL PARGO
COLORADO *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882).**

Por:

IBQ. ERIKA YAZMÍN SÁNCHEZ GUTIÉRREZ

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACION DE ACUICULTURA Y MANEJO AMBIENTAL

Como requisito parcial para obtener el grado de

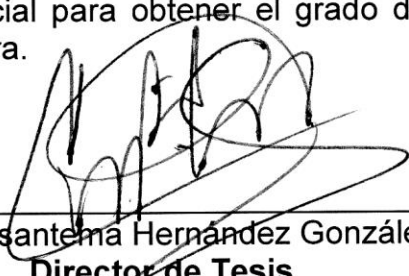
MAESTRIA EN CIENCIAS

Mazatlán, Sinaloa


Diciembre de 2013

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de I.B.Q. Erika Yazmín Sánchez Gutiérrez, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Acuicultura.



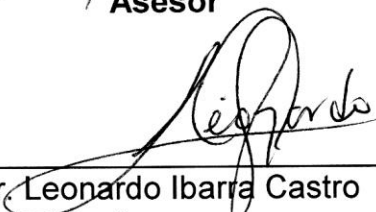
Dra. Crisantema Hernández González
Director de Tesis



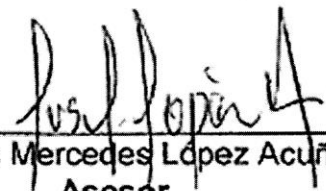
Dr. Pablo Almazán Rueda
Asesor



Dra. María Cristina Chávez Sánchez
Asesor



Dr. Leonardo Ibarra Castro
Asesor



Dra. Lus Mercedes López Acuña
Asesor



M. en C. María Isabel Abdo de la Parra
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.

Dr. Pablo Wong González

Director General

DEDICATORIA

A tí Dios mío, por darme la oportunidad de existir aquí y ahora; por mi vida, que la he vivido junto a tí. Gracias por iluminarme y darme fuerzas y caminar por tu sendero.

A la parte más valiosa de mi vida mis padres (Conrado Sánchez y Olivia Gutiérrez) sin su apoyo no estaría en el lugar en donde me encuentro, gracias sobre todo por ser ese motor que me da la fuerza para seguir adelante. Gracias Pa' por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida.

A mis hermanos Ivette, Lizeth y Jesús Sánchez gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A Asahel que durante estos años de estudio ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar. Gracias a tí por tu amor, cariño y comprensión, porque sé que siempre contaré contigo, por ser mi amigo incondicional con el que comparto triunfos y fracasos.

A mi tía Nancy por compartir momentos significativos conmigo y ayudarme en cualquier momento.

A mis abuelos porque de una u otra forma, con su apoyo moral me han incentivado a seguir adelante, a lo largo de toda mi vida. A la memoria de mi abuelo Jose maría (†) que desde el cielo me está cuidando.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo prestado durante el posgrado.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Mazatlán a través del Posgrado en Ciencias Acuicultura y manejo ambiental.

Al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) proyecto 147325 denominado “Desarrollo de la tecnología de engorda de pargo en jaulas flotantes: Una alternativa productiva para las costas del noroeste mexicano” a cargo de la Dra. Crisantema Hernández González, por el apoyo económico para la realización de esta investigación.

A la Dra. Crisantema Hernández González por su gran confianza y enseñanzas, y por todo lo vivido a lo largo de este experimento, le agradezco de todo corazón su apoyo incondicional pero principalmente; su capacidad y experiencia que ayudaron a la culminación de este trabajo.

A los miembros de mi comité tutor, por sus experiencias y recomendaciones aportadas en mi proyecto de tesis: Dra. Crisantema Hernández González

Dr. Pablo Almazán Rueda

Dra. María Cristina Chávez Sánchez

Dr. Leonardo Ibarra Castro

Dra. Lus Mercedes López Acuña

M. en C. María Isabel Abdo de la Parra

A la **Biol. Blanca González** por su asesoría en la realización de los análisis bromatológicos. A la **Biol. Virginia Patricia Domínguez Jiménez**, por su confianza para poder hacer uso de las instalaciones durante la realización del experimento, por el apoyo brindado en la determinación de aminoácidos, capacitación en el uso del equipo HPLC y análisis de química sanguínea. Al **Biol. Alan Jesús Humberto González Santos**, por el apoyo técnico y capacitación en la etapa de bioensayo. Gracias por su colaboración que fueron importantes para poder lograr los objetivos establecidos.

A la **Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés** por el apoyo en las técnicas de actividad enzimática y por permitirme el uso de las instalaciones del laboratorio Central de la Unidad Académica Sisal de la UNAM.

A la **M. en C. Ariadna Sánchez** por la capacitación y apoyo técnico en las técnicas de actividad enzimática, así mismo por la confianza brindada en mi estancia en Sisal, Yucatán y a la **M. en C. Karla Susana Escalante Herrera**, por su asesoría y apoyo técnico en el laboratorio Central de la Unidad Académica Sisal.

A mis profesores del CIAD Unidad Mazatlán: **Dr. Miguel Bentancourt, Dr. Pablo Almazán Rueda, Dra. Cristina Chávez, M. en C. Ana Puello, Dra. Emma Fajer, M. en C. Isabel Abdo, M. en C. Estela Rodríguez, Dr. Juan Madrid, Dr. Cesar Alejandro Berlanga, Dra. Sonia Soto.** A mis profesores del CIAD Unidad Hermosillo: **Dr. Juan Ramírez, Dra. Susana Scheuren, M. en C. Elena Lugo, M. en C. Gisela Carvallo, M. en C. Guillermina García, Dr. Miguel Mazorra**, que se dieron el tiempo de compartir conmigo su gran experiencia y conocimiento.

Al M. en C. Emyr Peña Marín por el apoyo brindado en las biometrías, disección de organismos, interpretación de actividad enzimática, pero sobre todo por compartir todas sus experiencias en apoyo de mi formación académica

Al **Dr. José Alfredo Castillo** por sus aportaciones y recomendaciones. **A la M. en C. Selene María Abad Rosales, Biol. Rosa Medina Guerrero, M. en C. Catherine Soler** por el apoyo en las prácticas de laboratorio y disección de organismos.

Al **Instituto de Apoyo a la Investigación e Innovación (INAPI Sinaloa)** por el apoyo otorgado.

A mi compañero **IBQ. Asahel Benítez Hernández** por su apoyo brindado en las biometrías, actividad enzimática y disección de organismos. A mi compañera **IBQ. Denisse Márquez Martínez** quien estuvo presente a largo de este experimento y por su apoyo brindado en las biometrías. Gracias por las experiencias vividas.

A mis compañeros que estuvieron presentes y aportaron su granito de arena para la realización de esta tesis: **IBQ. Lorena Osuna, IBQ. Daniela Contreras, IBQ. Emanuel Sánchez, M. en C. Carlos Hernández, y Alejandra Aranda.**

A mis compañeros de posgrado: **Cathy Valdez, África Gómez, Asahel Benitez, Daniel palacios, Carlos Covantes, Rodrigo Vieyra, Julia Torres, Patsy Gómez, Mily Laurel, Martin Moreno, Samantha Loiza, Elizabeth Padilla, Rigoberto Hernández, Ángel Ortiz, Ángeles de la Rosa y Olga Ramírez,** por todos los momentos que compartimos y las experiencias vividas.

A mis amigos de toda la vida, Gracias!

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
2.1. Descripción de la especie.....	4
2.2. Requerimientos nutricionales para la familia Lutjanidae	5
2.3 Uso de la harina de soya como fuente proteínica	5
2.4. Taurina	6
2.4.1. Biosíntesis de taurina	7
2.5. Enzima Lipasa.....	9
III. JUSTIFICACIÓN	11
IV. HIPÓTESIS	12
V. OBJETIVO GENERAL	13
VI. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
VII. METODOLOGÍA	14
7.1. Área de estudio	14
7.2. Diseño y elaboración de dietas experimentales	14
7.2.1. Formulación de las dietas experimentales	16
7.3. Diseño experimental.....	18
7.3.1. Origen de los organismos.....	19
7.3.2. Alimentación.....	19
7.3.3. Parámetros ambientales.....	19
7.4. Evaluación de índices biológicos nutricionales.....	19

7.5. Índices biológicos corporales	20
7.6. Análisis bromatológicos.....	21
7.7. Determinación de aminoácidos	22
7.7.1. Hidrólisis.....	22
7.7.2. Derivatización.....	22
7.8. Análisis hematológicos y bioquímica sanguínea	23
7.9. Actividad enzimática.....	25
7.9.1. Obtención de extractos enzimáticos.....	25
7.9.2. Actividad enzimática de lipasas.....	26
7.9.3. Concentración de proteína soluble.....	26
7.10. Evaluación económica.....	27
7.11 Análisis estadístico	27
VIII. RESULTADOS.....	29
8.1. Parámetros ambientales.....	29
8.2. Evaluación biológica.....	29
8.2.1. Peso final ganado (PF).....	31
8.2.2. Tasa de crecimiento (TC)	32
8.2.3. Tasa Específica de Crecimiento (TEC)	32
8.2.4. Consumo de alimento individual (CAI)	32
8.2.5. Tasa de Conversión Alimenticia(TCA)	33
8.2.6. Supervivencia.....	33
8.2.7. Índice de eficiencia proteica	33
8.3. Índices biológicos corporales	33
8.3.1. Factor de condición (FC).....	34
8.3.2. Índice hepatosomático (IHS)	34
8.3.3. Índice viscerosomático (IVS).....	35
8.3.4. Relación de grasa intraperitoneal (RGI)	35
8.4 Análisis proximal de la carcasa de los organismos	35
8.5. Determinación de aminoácidos	36
8.5.1. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales.....	36
8.5.2. Perfil de aminoácidos del músculo del pargo colorado	36

8.6. Análisis hematológicos y bioquímica sanguínea	40
8.6.1 Proteína total (g·L ⁻¹)	40
8.6.2 Hematocrito (%)	40
8.6.3 Hemoglobina (g·dL ⁻¹).....	40
8.6.4 Colesterol (mg·dL ⁻¹).....	40
8.6.5. Triglicéridos (mg·dL ⁻¹)	41
8.6.6. Taurina en plasma (μMol·ml ⁻¹)	41
8.7. Actividad enzimática de lipasas.....	43
8.8. Análisis económico.....	45
IX. DISCUSIONES.....	48
9.1. Parámetros ambientales.....	48
9.2. Evaluación biológica nutricional	49
9.3. Índices biológicos corporales	52
9.4. Análisis proximal de la carcasa de los organismos	53
9.5. Determinación de aminoácidos	54
9.6. Análisis hematológicos y bioquímica sanguínea	56
9.7. Actividad enzimática.....	60
9.8. Evaluación económica.....	62
X. CONCLUSIONES.....	64
XI. RECOMENDACIONES	66
XII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Análisis proximal de los ingredientes en base seca, los valores son en promedio \pm su desviación estándar de una $n=3$	16
Tabla 2. Composición de las dietas experimentales para juveniles de pargo colorado, con inclusiones de 20%, 40% y 60% de harina de soya .	17
Tabla 3. Evaluación de parámetros biológicos correspondiente a ocho semanas del bioensayo en la especie de pargo (<i>Lutjanus colorado</i>).....	30
Tabla 4. Índices biológicos del pargo colorado alimentado con 7 dietas experimentales por 8 semanas, los datos son la media de una $n=3\pm DE$	34
Tabla 5. Composición proximal del cuerpo de los peces en base húmeda, los valores son en promedio \pm su desviación estándar.....	36
Tabla 6. Determinación del perfil de aminoácidos (g AA por 100 g de proteína) de las dietas experimentales en base seca.....	38
Tabla 7. Determinación del perfil de aminoácidos (g AA por 100 g de proteína) en el músculo del pargo colorado (<i>Lutjanus colorado</i>) en base seca.....	39
Tabla 8. Análisis hematológicos, bioquímica sanguínea y concentración de taurina de la especie de pargo colorado (<i>Lutjanus colorado</i>) alimentados con siete dietas durante ocho semanas.....	42
Tabla 9. Actividad enzimática de lipasas en ciegos pilóricos e intestino del pargo colorado (<i>Lutjanus colorado</i>), los datos son la media de una $n=12\pm DE$	43
Tabla 10. Evaluación económica de las inclusiones de soya y dieta Control.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Pargo colorado (<i>Lutjanus colorado</i>)	5
Figura 2. Ácido 2-amino-etano-sulfónico.....	6
Figura 3. Ruta de biosíntesis de taurina en mamíferos.....	8
Figura 4. Acido biliar-AA (Lacera, 2004)	10
Figura 5. Diseño experimental de las dietas	15
Figura 6. Sala de bioensayo	18
Figura 7. A) Extracción de sangre en la vena caudal B) Almacenamiento de sangre en tubo EDTA-K2	23
Figura 8. Lector para microhematocrito	24
Figura 9. A) Disección de peces Figura, B) Extracto enzimático.....	25
Figura 12. Actividad específica de lipasas en ciegos pilóricos del pargo colorado (<i>Lutjanus colorado</i>), los datos son la media de una n=12±DS	45
Figura 13. Análisis de regresión cuadrática de segundo orden que relaciona la tasa de eficiencia económica con respecto al nivel de reemplazo de HS	47
Figura 14. Análisis de regresión cuadrática de segundo orden que relaciona la tasa de beneficio económico con respecto al nivel de reemplazo de HS	47

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto de sustituir la harina de pescado por la harina de soya suplementada con taurina para el pargo colorado (*Lutjanus colorado*). Se formularon, elaboraron y evaluaron siete dietas (48% Proteína cruda y 9.5% Lípidos crudos). Una dieta control a base de harina de pescado (Control-0%), tres dietas experimentales con sustitución de proteína de soya 20, 40 y 60% adicionadas con diferentes niveles de taurina (TAU-20%, TAU-40% y TAU-60%) y otras tres dietas con los mismos niveles de sustitución de proteína de soya sin inclusión de taurina (Control-20%, Control-40% y Control-60%). Las dietas fueron balanceadas en aminoácido metionina. Fueron evaluadas por triplicado, con 20 juveniles de pargo colorado por tanque de 300 L con un peso inicial 3.11 ± 0.41 g. Las biometrías fueron realizadas cada 14 días para la determinación de los índices biológicos: peso final (PF), ganancia en peso (PG), tasa de conversión alimenticia (TCA), supervivencia (S), consumo de alimento individual (CAI), tasa de crecimiento (TC) e índice de eficiencia proteica (PER). Así mismo se determinaron los índices hepatosomático, viscerosomático, grasa intraperitoneal, factor de condición, análisis hematológico, bioquímica sanguínea y actividad enzimática de lipasas. Se determinó el perfil de aminoácidos y taurina en las dietas experimentales, músculo y plasma. Los resultados fueron comparados entre sí mediante ANOVA de una vía y dos vías. Los valores más altos en crecimiento, PG y TC se presentaron en los peces alimentados con la dieta TAU-40%, con una concentración de taurina de $13.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, resultando estadísticamente diferentes a todos los tratamientos ($P < 0.05$). Las diferencias en TCA se observaron en los peces de la dieta TAU-40% (1.50) y Control-40% (1.50) con respecto al valor más alto en TCA dieta Control-0% (2.08) ($P < 0.05$). La supervivencia no se vio afectada por ninguno de los tratamientos. La concentración de taurina en músculo tendió a aumentar conforme incrementó la inclusión de taurina en las dietas TAU-20%, TAU-40% y TAU-60%. En resultados de colesterol total y triglicéridos se observó un aumento en los peces de las dietas TAU-40% y TAU-60% con respecto a la dieta Control-0% ($P < 0.05$). Los peces que presentaron la mayor actividad enzimática tanto en intestino y ciegos pilóricos se dio con la dieta TAU-40% (12.23 U/mg proteína soluble y 8.78 U/mg proteína soluble) respectivamente. El análisis de regresión polinomial determinó una mejor eficiencia en costos unitarios de operación con inclusiones hasta un 41.9% de HS con taurina.

Palabras claves: Taurina, aminoácidos, proteína, actividad enzimática

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the fish meal protein substitution by soy bean meal protein supplemented with taurine in colorado snapper (*Lutjanus colorado*). Seven diets were formulated, elaborated and evaluated (48% crude protein and 9.5 % lipid content). One diet based in fish meal protein (control- 0%), three experimental diets with soy bean protein substitution of 20, 40 and 60% supplemented with different taurine levels (Tau-20%, Tau-40% and Tau-60%) and other three diets with same content of soybean protein substitution without taurine (control-0%, control-40% and control-60%). Diets were balanced in methionine. All diets were evaluated by triplicate, using 20 organisms with initial weight of 3.11 ± 0.41 g distributed in tanks of 300 liters capacity. Every 14 days organisms were measured and weighted with the view to diet determine final weight (FW), weight gained (WG), feed conversion rate (FCR), individual feed consumption (IFC), survival (S), growing rate (GR) and protein efficiencies index (PEI). Likewise index such as hepatosomatic index, viscerosomatic index, interperitoneal fat, condition index, hematological analysis, blood chemistry and lipase activity were evaluated. Amino acid profile were evaluated in diets, fish muscle and blood plasma. Statistical differences were obtained by one or two way ANOVA. Higher growths, WG and GR were presented in fish feed with Tau-40% diet, with a taurine concentration of 13.4 g Kg^{-1} ($P < 0.05$). Differences in FCR were found between fishes with Tau-40% (1.50) and control-40% (1.50) respect to control-0% diet (2.08) ($P < 0.05$). Survival was not affected by experimental diets. Taurine muscle concentration showed a tendency to increase with inclusion in diets (Tau-20%, Tau-40% and Tau-60%). Cholesterol and triglycerides increase in fishes with diets Tau-40% and Tau-60% respect to control-0 ($P < 0.05$). Higher lipase activity were found in intestine and pyloric caeca in fishes with diet Tau-40%. Polynomial regression determined the best coast efficiency with inclusions of 41.9% soybean meal protein.

Keywords: *Taurine, amino acids, protein, enzyme activity*

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la tendencia demuestra que mientras el volumen de producción pesquera por captura permanece estable o declina, la producción acuícola sigue creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal, con una tasa promedio de crecimiento mundial de 6.6 % anual, proporcionando a la fecha, cerca de la mitad del suministro total de pescado comestible (FAO, 2010).

En México, los pargos pertenecientes a la familia Lutjanidae forman parte de una de las pesquerías de mayor importancia comercial, la cual ha aumentado en los últimos años, con una producción en peso vivo de 2,655 t en el 2000 a 4,454 t en el 2007 (CONAPESCA, 2009). En consecuencia, los pargos han sido sometidos a fuertes presiones de pesca en el Pacífico mexicano, por lo que la captura ha disminuido cada vez más de 4 a 5 toneladas por hora de pesca, lo cual conlleva a la pesca de organismos que aún no han alcanzado la talla de primera madurez (Espino-Barr, 2000; Rojas-Herrera, 2001; Díaz-Uribe *et al.*, 2004).

El pargo colorado (*Lutjanus colorado*) es una de las especies del grupo de pargos con mayor aceptación y de las mejor cotizadas en el mercado, por lo que presenta ya signos de sobreexplotación (Rojas-Herrera, 2001; Newman y Dunk, 2002; Díaz-Uribe *et al.*, 2004). Una alternativa para garantizar la conservación y preservación de esta especie y otras de importancia comercial, es la maricultura, debido a que ésta práctica presenta importancia social y económica, al mitigar los impactos de la pobreza y dar mayores oportunidades de empleo en las comunidades rurales, al mejorar la nutrición de su población, así como su bienestar (FAO, 2006)

Es conocido que la supervivencia, salud, crecimiento y eficiencia en la utilización de un alimento en peces dependen del valor nutritivo del alimento y la capacidad digestiva del animal. Las proteínas proporcionan la energía metabólica esencial, así como los aminoácidos necesarios para el crecimiento y el desarrollo de los peces, siendo éstos los nutrientes más importantes en su alimentación (Keembiyehetty y Gatlin, 1992; Halver y Hardy, 2002).

Los experimentos para determinar los requerimientos de proteína para especies acuáticas, casi siempre se realizan para establecer la cantidad mínima requerida de proteína para producir el máximo crecimiento, y no para ser utilizada como fuente de energía (Catacutan *et al.*, 2001). Por lo que es importante destacar que las especies marinas de peces que se cultivan actualmente requieren elevados niveles de proteína de alta calidad en su dieta. Desde el punto de vista económico, la proteína de la dieta constituye el principal costo asociado a la formulación de la mayoría de los alimentos. Por lo tanto, la optimización de las fuentes de proteínas y sus niveles de inclusión, son aspectos críticos en el desarrollo de dietas prácticas.

Entre los ingredientes que han sido investigados como alternativas para sustituir a la harina de pescado (HP) están los productos derivados de la soya (Hardy, 1995; Lim *et al.*, 1998; Storebakken *et al.*, 2000; Swick, 2002). La harina de soya (HS) sin cáscara contiene uno de los mayores contenidos de proteína de todas las alternativas proteicas basadas en plantas, considerándose la fuente más importante de proteína vegetal, el cual puede llegar a ser de 40-44%, así mismo cuenta con un alto contenido de vitaminas (NCR, 2011). El precio de la harina de soya y harina de pescado que se reportó para el mes de marzo fue de \$437.00 dólares y \$1620 dólares la tonelada métrica respectivamente (Feedstuffs, 2013).

Las harinas de soya en ocasiones provocan trastornos alimenticios como inflaciones en las vellosidades del intestino en organismos carnívoros debido a

baja digestibilidad de la proteína, contenido de oligosacáridos indigeribles y baja disponibilidad de fósforo. Así mismo, contiene factores antinutricionales que puede generar problemas fisiológicos (Tacon, 1989; Takagi *et al.*, 2006a; Takagi *et al.*, 2006b). Tales factores, limitan altos niveles de inclusión de harinas de soya en formulaciones para especies marinas y en general (Gatlin *et al.*, 2007).

Es conocido que la soya presenta un contenido deficiente en lisina y AA sulfurados tales como metionina y taurina. Existe una relación en taurina y metionina, debido que taurina puede ser sintetizada a partir de metionina y cisteína en algunos peces como es el caso del pompano (*Trachinotus carolinus* L), por tal motivo la suplementación de taurina es necesaria en las dietas, cuando el nivel dietario está por debajo del mínimo requerido para ciertas especies (Rossi y Davis, 2012). Diversos estudios han demostrado que el suplemento del nutriente taurina en dietas a base de proteína vegetal promueve un mejor crecimiento, eficiencia alimenticia y un estado normal de salud, mediante una suplementación mínima para peces carnívoros tales como la trucha (Gaylord *et al.*, 2007), lenguado japonés (Park *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2003), lobina europea (Martínez, 2004), besugo (Goto *et al.*, 2001), jurel (Matsunari *et al.*, 2005) , cobia (Lunger *et al.*, 2007) y pompano (Rossi y Davis, 2012). Así mismo el AA metionina, también es considerado un aminoácido esencial y posee un papel importante en la metilación, síntesis de proteína y crecimiento en peces (Li *et al.*, 2008)

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto nutricional de la suplementación de taurina en dietas experimentales a base de harina de soya y su posible esencialidad en la nutrición y estado de salud del pargo colorado (*Lutjanus colorado*).

II. ANTECEDENTES

2.1. Descripción de la especie

Los peces pertenecientes a la familia Lutjanidae se distribuyen en mares tropicales y subtropicales del Atlántico, Índico y Pacífico desde la línea de costa hasta zonas profundas; frecuentan estuarios y lagunas. Se reconocen cuatro subfamilias, 17 géneros y 105 especies, un gran número de ellas en el Indo-Pacífico (Allen, 1985). El género mejor representado es *Lutjanus* con 64 especies, de las cuales nueve son endémicas (Amezcu-Linares, 2009). Los pargos son considerados como importantes para el consumo humano, por lo que la mayoría de las especies pertenecientes a esta familia son explotadas de manera comercial.

En la familia Lutjanidae y dentro del género *Lutjanus* se encuentra la especie *Lutjanus colorado*, la cual se distribuye de Baja California sur y Golfo de California hasta el Ecuador (Amezcu-Linares, 2009) (Figura 1). Es una especie eurihalina y euriterma, no muestra preferencia por algún sustrato en particular, ya que puede encontrarse en fondos lodosos, arenosos o rocosos y depende de los estuarios para su crianza (Martínez-Andrade, 2003). La dieta de estos organismos está representada principalmente por peces y crustáceos; ocasionalmente consumen moluscos, anélidos y vegetación (i.e. *Rhizophora mangle*). Los juveniles son carnívoros polípagos con amplio espectro alimenticio, en el que predomina la ictiofauna. Los adultos tienen una dieta más restringida al consumir peces, pero sobre todo crustáceos especialmente camarones; llegando a consumir exclusivamente estomatópodos. En general, se caracterizan por ser cazadores bentónicos, se alimentan de forma continua en el día y la noche, los juveniles se alimentan sólo en el día, quizás para evitar depredadores (Rojas, 1997).



Figura 1. Pargo colorado (*Lutjanus colorado*)

2.2. Requerimientos nutricionales para la familia Lutjanidae

Los requerimientos de proteína y lípidos en la dieta varían de acuerdo a la etapa de desarrollo pero también entre especies. *Lutjanus argentimaculatus* requiere 44% de proteína y 6 a 12% de lípidos (Catacutan *et al.*, 2001), *L. analis* de 50 a 53% (proteína cruda) y 10 a 14% de lípidos, *L. campechanus* requiere de 32 a 36% de proteína y 10% de lípidos) y para *L. guttatus* de 45 a 50% de proteína y de 9 a 15% de lípidos (Benetti, 2002; Villa-López, 2005; Abdo de la Parra *et al.*, 2010).

Abdo de la Parra *et al.* (2010) analizaron el efecto de diferentes niveles de proteínas y lípidos totales en el crecimiento y supervivencia del pargo *Lutjanus guttatus*, al administrar dietas con 40, 45 y 50% de proteína y 9, 12 y 15% de lípidos. Los resultados indicaron que las dietas de 45 y 50% de proteína fueron las que obtuvieron mayor incremento de peso y tasa específica de crecimiento y que la variación entre ellas no era significativa; además, que la variación de los niveles de lípidos no tuvieron significancia. Por lo tanto, se recomienda que en las dietas de estas especies se incluya un contenido proteínico de al menos 45% y 9% de lípidos.

2.3 Uso de la harina de soya como fuente proteínica

Silva-Carrillo *et al.* (2012) evaluaron inclusiones de 0, 20, 40 y 60% de harina de soya de extracción con solventes, en sustitución de la harina de pescado en la dieta del pargo (*L. guttatus*), los autores obtuvieron los mejores

resultados para crecimiento con la dieta incluida del 20% de harina de soya, resultando similar que la dieta control. En contraste, las dietas de mayores inclusiones mostraron un menor rendimiento debido a la palatabilidad de las dietas.

Zhou *et al.* (2005), sustituyeron parcialmente la harina de pescado por harina de soya en dietas para juveniles de cobia (*Rachycentron canadum*) al 10, 20, 30, 40, 50 y 60%. Los resultados mostraron que la inclusión optima era de 18.92% de harina de soya y que cuando la dieta aumentaba su inclusión a más de 400g kg⁻¹, la tasa de conversión alimenticia era severamente afectada. Por otra parte las fuentes vegetales presentan deficiencias en algunos aminoácidos y nutrientes, lo cual es un factor que limita la sustitución completa de fuentes vegetales en los peces. Por ejemplo, taurina se ha determinado ser condicionalmente indispensables para algunas especies carnívoras (Takeuchi, 2001).

2.4. Taurina

Taurina es un ácido 2-amino-etano-sulfónico, es un beta-aminoácido azufrado no proteinogénico. Esto debido a que no se encuentra incorporado dentro de las proteínas (Lacera, 2004; Pinto *et al.*, 2010). Difiere de los demás aminoácidos porque posee un grupo amino, un radical azufrado, y carece del grupo carboxilo a diferencia del resto de los AA (Figura 2).

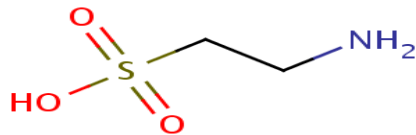


Figura 2. Ácido 2-amino-etano-sulfónico

Taurina aun cuando no es esencial en mamíferos y peces juega un papel importante en la digestión de grasas, defensa antioxidante (Wright *et al.*, 1986),

osmorregulación celular en invertebrados y animales superiores (Thurston *et al.*, 1980), y mejora en la producción de sales biliares en peces (Van Waarde, 1988). Así mismo, posee las principales características de un atractante en la alimentación para los peces, por su bajo peso molecular, contenido de nitrógeno, solubilidad en agua y su propiedad acido-base (Carr, 1982). Li *et al.* (2008) determinaron que taurina es condicionalmente esencial para los peces, ya que depende de la suplementación del aminoácido esencial metionina que éste a su vez forma cisteína y da lugar a taurina. Se distribuye de manera libre por el citosol y particularmente acumulado en tejidos excitables, tanto en organismo terrestre como en marinos, en concentraciones intracelulares que van en el rango de 50 a 200 mM (Huxtable, 1992; Hosoi *et al.*, 2007).

2.4.1. Biosíntesis de taurina

La capacidad de los peces para sintetizar taurina depende de la especie y la etapa de desarrollo. Esto se debe a la variante actividad de L-cisteína-sulfinato decarboxilasa (CSD), una enzima clave para la conversión de cisteína a taurina (Yokoyama *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2003, 2005).

Se ha establecido, que la principal ruta de síntesis de taurina en mamíferos, es a partir de cisteína, y envuelve la oxidación de cisteína para generar cisteína-sulfinato, seguido por una decarboxilación para generar hypotaurina y finalmente otra oxidación para generar taurina, donde la enzima L-cisteína-sulfinato decarboxilasa (CSD) juega un papel clave (Yokoyama *et al.*, 2001) (Figura 3) . En peces se sabe que la actividad de la enzima CSD difiere entre especies (Yokoyama *et al.*, 2001; Goto *et al.*, 2003).

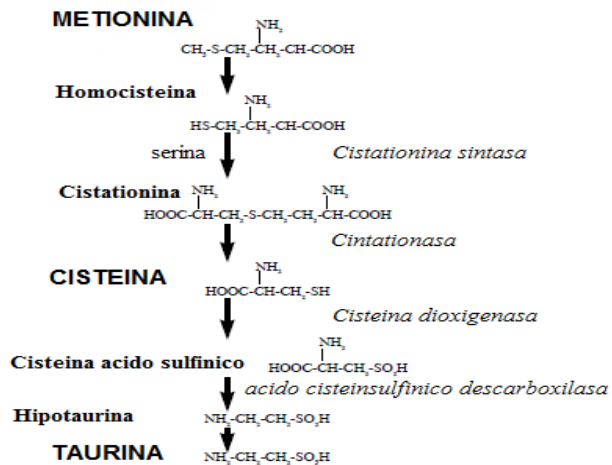


Figura 3. Ruta de biosíntesis de taurina en mamíferos

Goto *et al.* (2003) destacan que otra ruta de síntesis de taurina es vía oxidación de cisteamina por la enzima cisteamina dioxigenasa (CDA), la cual se encuentra presente en el hígado de algunos peces, la mojarra (*Lepomis macrochirus*), trucha arcoíris y besugo tienen mayor actividad de CSD y CDA entre los peces que han sido analizados, sin embargo no se ha logrado encontrar ningún marcador de CSD y CDA en lenguado japonés y carpa (*Cyprinus carpio*). Por su parte Yokoyama *et al.* (2001), sugiere que la actividad hepática de la enzima CSD en peces como jurel así como en atún aleta azul y barrilete es baja o nula.

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es capaz de sintetizar taurina a través de la cisteína, por medio de un proceso parecido al de los mamíferos (Yokoyama *et al.*, 2001). Kim *et al.* (2005) determinaron que para la especie de lenguado japonés, taurina es esencial para el desarrollo y mantenimiento normal de la retina. Por otra parte mencionan que el contenido de taurina en todo el cuerpo y tejido incrementa conforme al incremento del contenido de taurina en las dietas.

Gaylord *et al.* (2007) destacan que el crecimiento de trucha arco iris se ha visto mejorado, cuando la fuente de proteína vegetal se complementa con

taurina, demostrando que la suplementación de metionina en su totalidad no es el factor limitante en la formulación de dietas con fuentes vegetales. Rossi y Davis (2012) realizaron un experimento en la especie de pompano (*Trachinotus carolinus*), tratando de disminuir el contenido de harina de pescado por harina de subproductos de ave suplementando con metionina, lisina y taurina. Los autores mencionan que las dietas suplementadas al 0.75% de taurina presentaron la mejor ganancia en peso, eficiencia alimenticia y retención de proteína en pompano. Así mismo se ha determinado que taurina participa en la producción de sales biliares, las cuales emulsionan las grasas y son hidrolizadas por las lipasas (Chatzifotis *et al.*, 2008).

2.5. Enzima Lipasa

Las enzimas son catalizadores biológicos que incrementan la rapidez o bien la velocidad de una reacción, sin verse alterada ella misma en el proceso global (Lehninger, 1984). Las lipasas han sido clasificadas en dos tipos principales: 1) las esterases, que preferentemente actúan sobre ésteres simples de ácidos grasos con bajo peso molecular que tienen una cierta capacidad de solubilizarse y 2) las lipasas verdaderas que se distinguen porque hidrolizan sustratos poco solubles. En organismos superiores, la lipasa pancreática actúa específicamente sobre los enlaces éster exteriores (enlaces 1 y 3), por lo que se produce principalmente una mezcla de ácidos grasos y monoglicéridos. La hidrólisis digestiva de los triglicéridos es activada por el ion Ca^{2+} y requiere de la presencia de un factor llamado colipasa (Álvarez, 2003). La acción de la lipasa sobre su sustrato se ve enormemente favorecida por la existencia de la interfase agua-lípido, la cual es formada en el intestino gracias a la acción emulsionante de las sales biliares o sus análogos (Álvarez, 2003)

Las lipasas dependientes de sales biliares de los peces teleósteos son sintetizadas en el páncreas el cual puede estar localizado como un órgano bien constituido o puede estar difuso (tejido pancreático exócrino). Las sales biliares son producidas y/o recicladas en el hígado a través de una circulación

enterohepática y están compuestas por una mezcla de productos obtenidos a partir del rompimiento de inmunoglobulinas, lípidos como colesterol y esteroides (Smith, 1989). La lipasa activada por sales biliares ha sido sugerida para ser una de las más importantes en el proceso digestivo de los lípidos en peces (chatzifotis, *et al.*, 2008). Existen sales biliares específicas, las cuales varían entre las diferentes especies de peces, las más comunes contienen taurocolato de sodio (C₂₆H₄₄NNaO₇S), tauroquenodeoxicolato de sodio (C₂₆H₄₄NNaO₆S), o ácido cólico (C₂₄H₄₀O₅) (Smith, 1989). El taurocolato de sodio es una sal biliar que se origina en el hígado a partir del colesterol a través de un proceso que se lleva a cabo por la acción de 17 enzimas (Russell, 2003).

La unión entre los ácidos biliares, por ejemplo el ácido cólico y la sal de la taurina es una unión amida entre el grupo carboxilo del ácido biliar y el grupo amino del aminoácido. En la Figura 4 se muestra la forma combinada del ácido biliar-AA el cual actúa para mantener emulsionados a los lípidos en el intestino, promoviendo con ello su digestión, donde se observa la formación de la sal biliar (N-taurilcolicoamida) (Lacera, 2004).

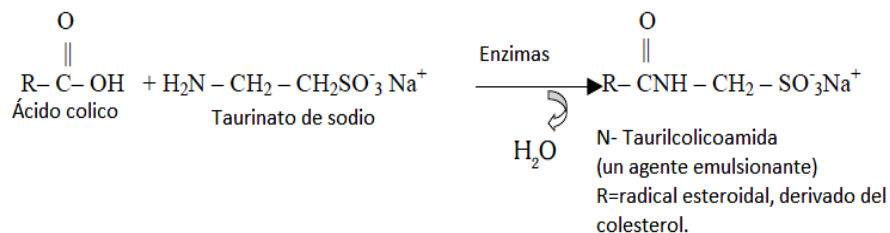


Figura 4. Acido biliar-AA (Lacera, 2004)

III. JUSTIFICACIÓN

El éxito económico y la sustentabilidad de la industria de la acuicultura dependen de minimizar los costos de producción para mantener la rentabilidad. Tradicionalmente la harina de pescado ha sido el ingrediente preferido debido a su alto contenido de proteínas, además de su favorable perfil de aminoácidos, minerales y aceites, entre otros beneficios. Su reemplazo por harina de soya se debe fundamentalmente por el aumento de su costo, su escasa disponibilidad y la necesidad de garantizar que esta industria en expansión permanezca económicamente rentable y ambientalmente sustentable. Sin embargo, la soya contiene bajo contenido de AA sulfurados como la metionina, cisteína y taurina, lo que la hace menos aprovechable por los peces marinos.

Mediante el presente trabajo se pretende evaluar el efecto de la suplementación de taurina, en dietas experimentales a base de harina de soya, es importante destacar que la taurina es un nutriente que no se encuentra incorporado a las proteínas, pero juega un papel importante en múltiples funciones fisiológicas tales como la digestión de grasas, como antioxidante, en osmorregulación celular, así como el desarrollo de sistemas visuales, neuronales y musculares; así mismo taurina se encuentra de manera abundante en la harina de pescado pero ausente en fuentes proteicas vegetales, por lo tanto se sugiere suplementar taurina en dietas a base de harina de soya con el objetivo de equilibrar su deficiencia promoviendo un mejor crecimiento y una mayor estabilidad del metabolismo del pargo colorado (*Lutjanus colorado*).

IV. HIPÓTESIS

La suplementación de taurina en dietas con un aumento gradual de harina de soya en sustitución parcial de harina de pescado, generará una compensación en crecimiento conforme la harina de pescado se ve disminuida, generando diferencias en actividad de lipasas, parámetros sanguíneos y acumulación de taurina en tejido y sangre en juveniles de pargo colorado (*Lutjanus colorado*).

V. OBJETIVO GENERAL

Evaluar dietas formuladas a base de harina de soya en sustitución parcial de harina de pescado como fuente de proteína suplementadas con taurina para determinar el efecto en el metabolismo de juveniles pargo colorado (*Lutjanus colorado*).

VI. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Evaluar seis dietas experimentales y una dieta control (Control-0%) a base de harina de pescado, tres dietas con inclusión de taurina (TAU-20%, TAU-40% y TAU-60%) y tres dietas sin inclusión de taurina (Control-20%, Control-40% y Control-60%), en términos de crecimiento, así mismo determinar los índices biológicos del pargo colorado (*Lutjanus colorado*).
- 2) Evaluar la concentración de taurina en músculo y plasma del pargo colorado (*Lutjanus colorado*).
- 3) Evaluar el estado de salud del pargo colorado (*Lutjanus colorado*) mediante la determinación de hematocrito, hemoglobina, proteína total, colesterol total y triglicéridos al ser alimentados con dietas experimentales.
- 4) Determinar la actividad de lipasas en intestino y ciegos pilóricos del pargo colorado cuando es alimentado con dietas de soya suplementadas con taurina.
- 5) Realizar un análisis económico comparativo de las dietas experimentales.

VII. METODOLOGÍA

7.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental, localizado en Av. Sábalo-Cerritos s/n. Estero del Yugo, Mazatlán, Sinaloa. México.

7.2. Diseño y elaboración de dietas experimentales

Se formularon siete dietas, utilizando el programa para Windows de formulación Mixit-win, previamente analizados los ingredientes. Las dietas experimentales se formularon con 50% de proteína cruda y 9.5% de lípidos crudos Una dieta control (Control-0%) a base de harina de pescado, tres dietas con sustitución de HP por HS con diferentes niveles e inclusión de taurina: TAU-20% (80% HP y 20% HS), TAU-40% (60% HP y 40% HS) y TAU-60% (40% HP y 60% HS), de igual manera otras tres dietas pero sin inclusión de taurina, Control-20% (80% HP y 20% HS), Control-40% (60% HP y 40% HS) y Control-60% (40% HP y 60% HS) (Figura 5).

A las dietas TAU-40% y TAU-60% se les incorporo metionina (0.10 % y 0.34 % respectivamente) tomando en consideración el contenido de aminoácidos de la carcasa (cuerpo entero) del pargo colorado. En las dieta TAU-20% y Control-20% no fue necesario añadir de manera exógena aminoácido metionina, debido que el contenido de aminoácidos de las harinas de pescado y harina de soya fue suficiente. Se incluyó taurina en las dietas TAU-20%, TAU-40% y TAU-60% en proporciones de 0.50%, 0.63% y 0.75% respectivamente.

En las dietas TAU-40%, TAU-60%, Control-40% y Control-60% se les incluyó fosfatodibásico (0.05% y 0.10 % respectivamente) con el objetivo de equilibrar las dietas, por sus altas inclusiones de HS, esto debido a que la HS aporta altas concentraciones de fósforo en forma de fitato (no aprovechado por animales monogástricos) (Pointillart,1994). Además el ácido fítico ejerce efectos antinutricionales reduciendo la disponibilidad de algunos minerales esenciales (Ca, Zn) además de proteínas, con las que forma complejos proteína-metal-fitatos que resultan insolubles y reducen la digestibilidad de este nutriente (Barros *et al.*, 2002). De igual manera se les incluyó colesterol a las dietas experimentales (0.5%) con el objetivo de formar un efecto sinergista con taurina como lo estableció Yun *et al.* (2012) en juveniles de rodaballo (*Scophthalmus maximus L.*).

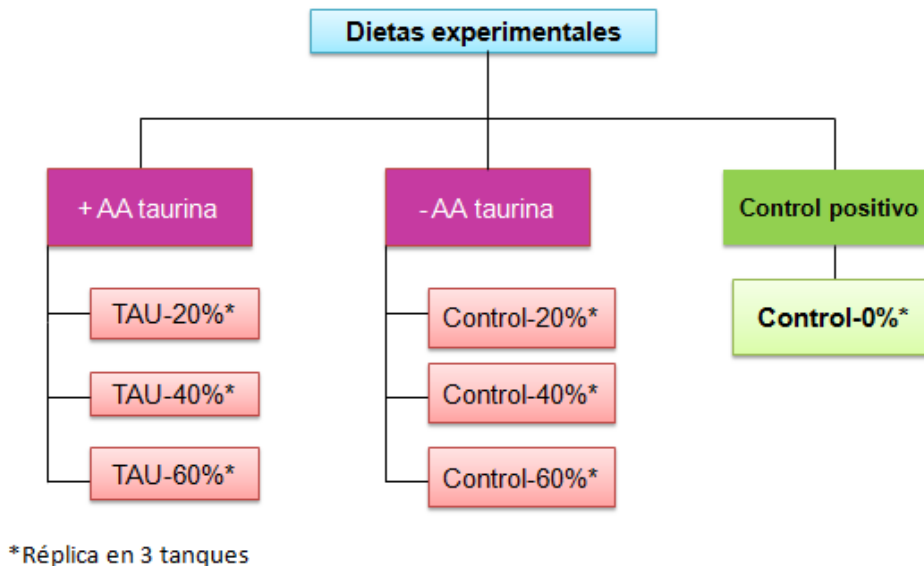


Figura 5. Diseño experimental de las dietas

Para la formulación de las dietas experimentales fue necesario, determinar la composición química proximal de los ingredientes experimentales: harina de pescado (HP), harina de soya (HS), harina de gluten de trigo (HG) y harina de calamar (HC), los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis proximal de los ingredientes en base seca, los valores son en promedio \pm su desviación estándar de una $n=3$

Parámetro	Ingredientes			
	Harina de pescado ¹	Harina de soya ²	Harina de gluten de trigo ³	Harina de calamar ²
Humedad	8.41 \pm 0.04	10.70 \pm 0.15	6.43 \pm 0.16	9.98 \pm 0.02
Lípidos	9.09 \pm 0.21	2.50 \pm 0.03	3.30 \pm 0.02	2.61 \pm 0.05
Ceniza	12.42 \pm 0.04	7.04 \pm 0.03	1.18 \pm 0.10	11.60 \pm 0.10
Proteína	70.67 \pm 0.27	48.20 \pm 0.08	68.42 \pm 0.07	68.50 \pm 0.12

¹ Selecta de Guaymas, S.A. de C.V. Guaymas, Sonora, México.

² Proteínas marinas y Agropecuarias, S.A. of C.V., Guadalajara, Jalisco, México.

³ Sigma-Aldrich Chemical, S.A. de C.V. Toluca, México.

7.2.1. Formulación de las dietas experimentales

Las dietas experimentales se elaboraron bajo el protocolo utilizado en la planta de alimentos y laboratorio de nutrición de CIAD Unidad-Mazatlán (Tabla 2).

Tabla 2. Composición de las dietas experimentales para juveniles de pargo colorado, con inclusiones de 20%, 40% y 60% de harina de soya

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Dietas en %						
	Control-0	Control-20	Control-40	Control-60	TAU-20	TAU-40	TAU-60
Harina de pescado	58.4	53.63	40.05	29.46	53.63	40.05	29.46
Harina de soya	0.00	19.92	39.83	59.75	19.92	39.83	59.75
Harina de calamar ^a	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gluten de trigo ^b	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metionina	0.00	0.00	0.10	0.34	0.00	0.10	0.34
Taurina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.63	0.75
Glutamato	0.00	0.50	0.40	0.16	0.50	0.40	0.16
Aceite de pescado ^c	4.01	4.13	4.86	5.60	4.13	4.86	5.60
Caroteinoides ^d	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almidón	23.35	16.89	9.78	2.66	16.39	9.16	1.91
Alginato ^c	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Premix minerales ^e	0.075	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Premix vitaminas ^f	0.6	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Vitamina C ^d	0.2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Colesterol ^b	0.0	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Cloruro de Colina ^c	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
BHT ^d	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fosfatodibásico ^g	0.00	0.00	0.05	0.10	0.00	0.05	0.10
Análisis proximal g kg⁻¹ base seca							
Proteína	51.57±0.16	51.75±0.36	51.17±0.08	48.08±0.42	51.05±1.83	50.79±0.04	48.21±0.12
Humedad	6.12±0.23	7.36±0.26	8.90±0.18	8.21±0.20	6.78±0.06	8.68±0.24	7.10±0.19
Lípidos	10.00±0.00	9.45±0.07	8.63±0.10	9.52±0.08	9.75±0.07	9.35±0.07	9.40±0.13
Cenizas	11.09±0.05	9.67±0.26	9.65±0.03	8.77±0.11	9.93±0.02	9.56±0.07	9.03±0.76
ELN	26.41±0.11	28.94±0.03	30.57±0.05	32.83±0.03	29.26±1.89	30.35±0.04	33.90±0.78

^aProteínas marinas y Agropecuarias, S.A. of C.V., Guadalajara, Jalisco, México.

^bSigma-Aldrich Chemical, S.A. de C.V. Toluca, Estado México, México.

^cDroguería Cosmopolita, S.A. de C.V. México, D.F., México

^dDSM Nutritional Products Mexico S.A. de C.V., El Salto, Jalisco, México

^ePre-mezcla mineral: Manganeseo, 100 g; Zinc, 160 g; Hierro, 200 g; Cobre, 20 g; Yodo, 5 g; Selenio, 0.40 mg; Cobalto 0.60 mg ^fPre-mezcla de vitaminas: Vitamina A, 2400 IU o mg/g; Vitamina D3, 2250 IU; Vitamina E, 160 g; Vitamina K3, 8.00 g; Vitamina B1, 20.00 g; Vitamina B2, 40.00 g; Acido Pantoténico, 60.00 g; Acido Nicotínico, 160.00 g; Vitamina B6, 16.00 g; Ácido Fólico, 4.00 g; Vitamina B12, 80 mg; Biotina, 500 mg; Vitamina C, .2 g; ^gJ.T. Baker® ELN (Extracto libre de nitrógeno) ELN = 100 – (% humedad + % proteína cruda + % lípidos crudos + % ceniza)

7.3. Diseño experimental

El área donde se llevó cabo el experimento contaba con 21 tanques cilíndricos de fibra de vidrio color negro con una capacidad de 300 L (Figura 6), cada uno con un drenaje central de 50 mm, cubierto con malla de 0.5 cm. para evitar la salida de los peces y a la vez permitir la limpieza de los tanques. Cada tanque estaba equipado con aireación y flujo de agua equivalente a 26.4 L min.^{-1} aproximadamente. El agua de mar fue bombeada desde la orilla del mar, se pasó a través de dos filtros de arena paralelos y descargada en cuatro tanques de sedimentación de polietileno de alta densidad de 25 m^3 (4 m x m 15). De los tanques principales, el agua de mar fue bombeada a través de un sistema de filtración doble en paralelo, el cual consiste en un filtro presurizado de arena tipo Jacuzzi (265 Lpm, 100 μm de retención relativa de partículas) (cuatro filtros de cartucho de 9.3 m^2 , de 16 μm de retención relativa de partículas) instalados dentro de una sala de filtros (3 m x 5 m) (Alvarez-Lajonchere *et al.*, 2007).

Se colocaron 20 peces por tanque con un peso promedio inicial de $3.11 \pm 0.41 \text{ g}$. Fue necesario un periodo de aclimatación de 5 días debido a que los peces eran alimentados con una dieta comercial (Orange Scretting) diferente a las experimentales; sin embargo, no se presentaron condiciones experimentales distintas a las ya prevalecientes durante la fase larval.



Figura 6. Sala de bioensayo

Cada tratamiento se evaluó por triplicado durante 55 días. La distribución de los tratamientos se realizó al azar, mediante sorteo sin reemplazo, posteriormente los tanques fueron marcados para su identificación.

7.3.1. Origen de los organismos

Los juveniles de pargo colorado (*Lutjanus colorado*) para el experimento, fueron producidos en la planta piloto de peces marinos del CIAD Unidad-Mazatlán siguiendo los protocolos ya establecidos para el desove y cultivo larvario de la especie *Lutjanus guttatus* (Abdo de la Parra *et al.*, 2010).

7.3.2. Alimentación

La alimentación se llevó a cabo tres veces al día (9:00 am, 12:00 pm y 5:00 pm). Los peces se alimentaron a saciedad aparente y cada dieta se probó por triplicado, registrándose diariamente el alimento consumido por tanque.

7.3.3. Parámetros ambientales

La temperatura y oxígeno disuelto se midieron cada día utilizando el equipo YSI modelo 55/12FT, y la salinidad se midió con refractómetro (Atago S/Mill-E).

7.4. Evaluación de índices biológicos nutricionales

La biometría se llevó a cabo cada 14 días de manera individual por un período de 8 semanas, los peces fueron anestesiados con esencia de clavo como anestésico diluido al 50% con alcohol etílico de 96°, en una dosis de 0.05 ml·L⁻¹ de agua de mar. Cada uno de los organismos se pesó en la balanza analítica con precisión de ±0.1 g y así mismo se determinó su longitud con un ictiómetro convencional. Los índices nutricionales determinados fueron

peso ganado (PG), tasa de crecimiento (TC), tasa específica de crecimiento (TEC), supervivencia (%S), tasa de conversión alimenticia (TCA), índice de eficiencia proteica (IEP). Las fórmulas utilizadas se muestran a continuación:

- $PG = \text{Peso promedio final (g)} - \text{Peso promedio inicial (g)}$
- $TC = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Peso inicial promedio (g)}} \times 100$
- $TEC = \frac{\ln \text{Peso final (g)} - \ln \text{Peso inicial (g)}}{\text{número de días}} \times 100$
- $S = \frac{\text{Numero de organismos final}}{\text{Numero de organismos inicial}} \times 100$
- $TCA = \frac{\text{Alimento consumido (g)}}{\text{Peso ganado (g)}}$
- $IEP = \frac{\text{Incremento en peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$

7.5. Índices biológicos corporales

Al final del experimento se sacrificó una muestra de 12 organismos por tratamiento, estos fueron pesados, medidos y eviscerados para obtener el peso del paquete visceral, hígado y grasa visceral.

Factor de condición: Indica el estado fisiológico en términos numéricos.

- $FC = \frac{\text{Peso total del cuerpo (g)}}{[\text{Longitud total del cuerpo (cm)}]^3} \times 100$

Índice viscerosomático: Relación de las vísceras y el cuerpo.

- $$IVS = \frac{\text{Peso de vísceras (g)}}{\text{Peso total del cuerpo (g)}} \times 100$$

Índice hepatosomático: La relación del peso del hígado contra el peso del cuerpo.

- $$IHS = \frac{\text{Peso de hígado (g)}}{\text{Peso total del cuerpo (g)}}$$

Relación de grasa intraperitoneal: Este factor relaciona la cantidad de grasa que el organismo tiene en la cavidad ventral, con el peso total del organismo, estimando el grado de acumulación grasa.

- $$RGI = \frac{\text{Peso húmedo de grasa (g)}}{\text{Peso total del cuerpo (g)}} \times 100$$

7.6. Análisis bromatológicos

El análisis proximal que incluye: humedad, cenizas, proteína y lípidos de la carcasa (pez completo) de los organismos, el cual se determinó mediante las técnicas de la AOAC (2011). Humedad por el método 4.1.06 se utilizó una estufa Craft a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ por 12 horas, cenizas por el método 32.1.05, las cuales se obtuvieron por calcinación de la muestra en una mufla Felissa a $550 \pm 50^\circ\text{C}$ por un periodo de 12 horas. Posteriormente para determinar proteína fue por el método 12.1.07, por combustión y cromatografía de gases mediante la técnica carbono-hidrogeno-nitrógeno equipo Flash modelo 2000, y grasas por el método 4.5.05 con extracción con éter de petróleo utilizando un equipo microSoxhlet.

Con respecto a la carcasa de los peces, al inicio del bioensayo se tomaron 15 peces al azar como muestra del lote total de organismos que se utilizaron para el bioensayo, al final del bioensayo se tomaron 2 peces por tanque, que completaron seis organismos por tratamiento, los cuales fueron sacrificados por choque térmico.

7.7. Determinación de aminoácidos

El perfil de aminoácidos en las dietas experimentales, músculo y taurina en plasma se determinó de acuerdo a la técnica para la detección y cuantificación de aminoácidos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC por sus siglas en inglés) utilizando un equipo Varian Pro-Star modelo 510 de acuerdo a la técnica desarrollada por Vazquez-Ortiz *et al.* (1995). Posteriormente para la preparación de las muestras fue necesaria una hidrólisis y derivatización.

7.7.1. Hidrólisis

La hidrólisis significa la ruptura de las proteínas en las unidades que las forman, es decir, los aminoácidos. Tras el proceso de hidrólisis se obtiene una mezcla compuesta mayoritariamente por aminoácidos libres, aunque también contiene en menor proporción pequeñas cadenas de aminoácidos (péptido de cadena corta).

Aproximadamente 3 g de muestra se sometieron a la eliminación de humedad y grasa por los métodos establecidos por la AOAC, 4.1.06 y 4.5.05 respectivamente. Posteriormente se pesaron 1 mg de muestra por dieta y se colocaron dentro de tubos para hidrólisis (Pierce 29560) a los cuales se les adicionó 3 ml de HCl 6M. Se aplicó vacío durante 3 min y los tubos se colocaron en baño seco a 150°C durante 6 horas. Para la eliminación del HCl 6M y la obtención de la muestra, fue necesario evaporar en un roto vapor a 65°C (Brinkmann Buchi RE 121) agregando 3 volúmenes de agua destilada por volumen de HCl 6M adicionado. Posteriormente la muestra se colectó usando un buffer de citrato de sodio 0.2N, pH 2.2.

7.7.2. Derivatización

Derivatización es el proceso que consiste en modificar químicamente un compuesto para producir un derivado con nuevas propiedades que faciliten o permitan su análisis.

Se tomó una alícuota de 100 μl del hidrolizado y se le añadió 40 μl de estándar interno 2.5 $\mu\text{mol/ml}$, este se aforó a 1 ml con buffer de Citrato de Sodio pH 2.2. Se tomaron 250 μl del diluido y 250 μl de solución OPA en una jeringa para cromatografía. La mezcla de estas dos soluciones se dejó reposar por un tiempo justo de 2 min e inmediatamente después se pasó por un filtro (0.2 μm), por último se tomaron 10 μl del derivado y se inyectó en el cromatógrafo.

7.8. Análisis hematológicos y bioquímica sanguínea

Para determinar la salud del pargo colorado al final del bioensayo se tomaron muestras de sangre tanto de los organismos del grupo referencia y los alimentados con las dietas experimentales. Se procedió a sacar sangre utilizando un promedio de 12 peces por tratamiento. Los peces no se alimentaron durante 12 h, previas a la extracción de la sangre y fueron sacrificados por inmersión en agua-hielo. Los análisis fueron realizados de acuerdo a Del Rio-Zaragoza *et al.* (2011).

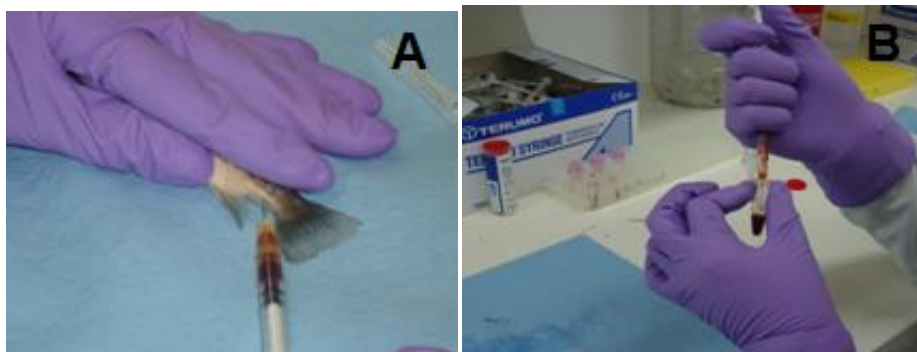


Figura 7. A) Extracción de sangre en la vena caudal B) Almacenamiento de sangre en tubo EDTA-K2

La sangre de los peces se obtuvo con una jeringa para insulina de la marca TERUMO de 1 mL, efectuando una punción en la vena caudal (Figura 7 A). La sangre se colocó en el tubo con EDTA-K2 (Figura 7 B), que se utilizó para determinar la concentración de hemoglobina. El resto de la sangre se colocó en un tubo eppendorf, de este tubo se tomó la muestra para la

determinación de hematocrito inmediatamente después de depositar la sangre en el tubo. Posteriormente la muestra fue centrifugada a 7000 rpm por 10 min y una vez separado el suero, este se depositó en otro tubo.

El hematocrito (Hk,%) fue determinado por el método de microhematocrito, para lo cual muestras de sangre fueron centrifugadas por 10 min y se utilizó el lector para tubos capilares de hematocrito SOL-BAT modelo P600 (México) (Del Rio-Zaragoza *et al.*, 2011) (Figura 8).



Figura 8. Lector para microhematocrito

El contenido de proteína total se determinó en suero utilizando un kit de Biuret marca Biosystems (Barcelona, España) para ello se colocó 20 μ l de suero con 1 ml de reactivo en una celda de plástico, se dejó reposar por 10 min a temperatura ambiente y se midió a una longitud de onda de 545 nm.

La hemoglobina fue determinado mediante un kit colorimétrico de la marca Randox, Laboratories LTD (Antrim, Reino Unido) basado en el método de la cianometahemoglobina. Se tomaron 10 μ l de sangre heparinizada de los tubos microtainer almacenados a -20°C y se hicieron reaccionar con 2.5 ml de reactivo, se dejó reposar por un periodo de 3 min a temperatura ambiente y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 540 nm.

Los triglicéridos se llevaron a cabo siguiendo las indicaciones del kit Grupo Mexlab (Guadalajara, México), posteriormente se llevó por espectrofotometría a una longitud de onda de 545 nm. Para la determinación de colesterol total en suero se determina por la acción de las enzimas colesterol ester hidrolasa y colesterol oxidasa, el cual se llevó a cabo siguiendo las indicaciones del kit Grupo Mexlab (Guadalajara, México), utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda (rango 500-550 nm).

7.9. Actividad enzimática

7.9.1. Obtención de extractos enzimáticos

Se utilizaron 12 organismos de la especie de *Lutjanus colorado* por tratamiento, los cuales se dejaron de alimentar 12 horas previas a la extracción. Fueron sacrificados por inmersión en agua-hielo. De los 84 organismos se obtuvieron los ciegos pilóricos e intestino a una temperatura controlada (0-4°C) (Figura 9 A), estos fueron pesados y congelados a -60°C para su posterior secado por liofilización en un equipo LABCONCO FreeZone1 modelo 7740021 (Kansas, City, Missouri, USA).

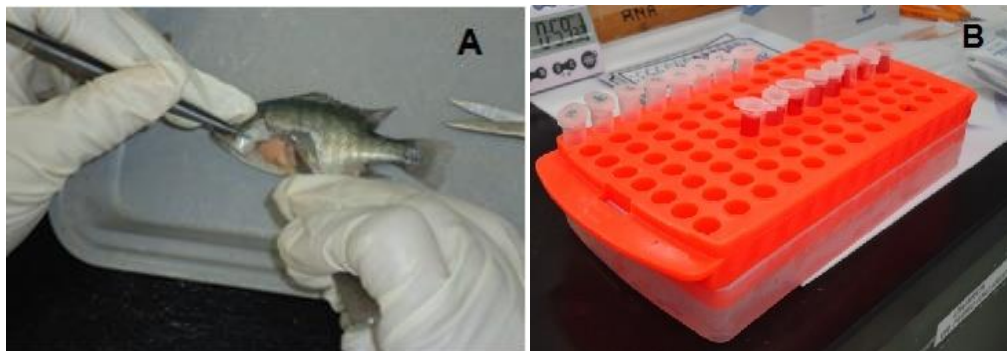


Figura 9. A) Disección de peces Figura, B) Extracto enzimático

La preparación del extracto enzimático (homogenado) se llevó a cabo en el laboratorio de la UNAM Unidad Académica Sisal, donde se procedió a pulverizar las muestras con nitrógeno líquido. Se pesaron 0.005 g por muestra

tanto de los ciegos pilóricos como los intestinos. Las muestras se reconstituyeron en 500 μ L de TRIS 0.5 M pH 7.4, incubándose a temperatura de (0-4°C) durante 1 hora en placas de hielo. El homogenado se centrifugó a 13200 rpm por 20 minutos a 4°C en una microcentrífuga IEC Centra-MP4R. Así mismo el sobrenadante fue separado y colocado en nuevos tubos eppendorf, las muestras fueron manipuladas en frío (4 °C) en todo momento (Figura 9 B).

7.9.2. Actividad enzimática de lipasas

La actividad de lipasas se llevó a cabo mediante el método de Gjellesvik *et al.* (1992). Se preparó una solución sustrato de Tris 0.5 M pH 7.4, se añadieron las soluciones en el siguiente orden: 0.0197 M NaCl, 1.1605 M taurocolato de sodio y 4-Nitofenil- octanoato 100 nM. Para iniciar la reacción se colocaron en una microplaca 250 μ L de la solución sustrato y 14 μ L de extracto enzimático y posteriormente se leen a 400 nm en el lector de microplaca BIO-RAD (Benchmark Plus) cada minuto por 15 minutos a 37°C, tomando en cuenta leer un blanco como control. Para el cálculo de la actividad enzimática se necesitó un coeficiente de extinción molar para 4 nitrofenol de 0.002 μ M \cdot cm⁻¹ determinado bajo las condiciones de este ensayo.

$$\text{Unidades/ml} = \frac{\Delta\text{abs}_{400}/\text{min} \times \text{Vol final}_{\text{Reaccion}}(\text{ml})}{\text{CEM} \times \text{Vol extracto}(\text{ml})} \times \text{volumen de dilución}$$

Donde;

$\Delta\text{abs}_{400}/\text{min}$: es el cambio de absorbancia por minuto.

CEM; Coeficiente de extinción molar.

7.9.3. Concentración de proteína soluble

La concentración de proteína soluble se determinó de acuerdo a Bradford (1976), con la utilización de albumina de bovino (BSA). Se utilizó agua libre de pirógenos para la realización del reactivo de proteína (Bradford Reagent) en

una proporción 1:4 v/w y posteriormente se pasó a través de un filtro Whatman (0.2 μ diámetro de poro), con la ayuda de una bomba de vacío. Para la concentración de proteína soluble se realizó una dilución 1:5 (v/w) al extracto enzimático, tanto en ciegos como intestinos. Se colocó en una microplaca 10 μ L de muestra y 200 μ L del reactivo Bradford, así mismo se realizó una curva patrón con una solución estándar de albumina bovina (2 mg·ml⁻¹) de 0.05 a 0.1 mg·ml⁻¹, se dejaron reaccionar durante 5 minutos y se leyeron a una absorbancia de 595 nm en un lector de microplaca (BIO-RAD) a temperatura ambiente.

$$\text{Unidades/mg proteína soluble} = \frac{\text{Unidades/ml}}{\text{mg proteína soluble/ml}}$$

7.10. Evaluación económica

Se determinó la evaluación económica de las dietas experimentales mediante el modelo propuesto por Clifford (1992). El cual consiste en calcular el costo unitario de alimentación (CUA) o costo de alimento necesario para producir una unidad de peso, y la tasa de beneficio económico (TBE) mediante el modelo desarrollado por Martínez-Llorens *et al.* (2012). El costo de las dietas se determinó únicamente considerando solo el costo de la inclusión de HS, HP y la inclusión de taurina en cada formulación, el resto de los ingredientes no se consideraron ya que permanecen económicamente estables.

- CUA (\$ Kg) = (TCA) x (precio de la dieta)
- TBE = [(Peso final Kg)x (precio del pex Kg)] – [(TEE)x (peso ganado Kg)]

7.11 Análisis estadístico

Los resultados de cada una de las variables evaluadas (dietas experimentales, determinación de aminoácidos, índices biológicos nutricionales, corporales, parámetros hematológicos y actividad enzimática) fueron analizados para normalidad con el método de Kolmogorov y Smirnov (Stuart *et al.*, 1999) y

homocedasticidad con el método de Levene. Los porcentajes de supervivencia, tasa de crecimiento y UAN se transformaron a arcoseno ($x^{1/2}$), con el fin de cumplir con el supuesto de normalidad. Los datos normales y homocedásticos, se compararon estadísticamente entre los diferentes niveles de reemplazo mediante un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) con un nivel de significancia de 95% ($P < 0.05$), siendo las diferencias entre medias comparadas por el test de Tukey. Para los datos que no cumplieron con la normalidad y homocedasticidad se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis con un intervalo de confianza del 95% (Zar, 1996). Para la determinación del análisis económico se realizó una regresión polinomial de segundo orden.

VIII. RESULTADOS

8.1. Parámetros ambientales

De acuerdo con el monitoreo diario de los parámetros ambientales durante los 55 días del experimento en la temporada de invierno en la que se llevó a cabo el experimento se presentaron variaciones en la temperatura, registrando una máxima de 27°C y una mínima de 23°C. Se registró un nivel de oxígeno de 5 a 6 mg·L⁻¹ y una salinidad promedió de 33±1.0‰.

8.2. Evaluación biológica

En la Tabla 3, se presenta la evaluación biológica del efecto de las dietas experimentales. En cuanto al incremento en peso la dieta TAU-40% presentó el mayor incremento (8.19±0.59), la cual fue significativamente diferente (P<0.05) a todas las dietas experimentales.

Tabla 3. Evaluación de parámetros biológicos correspondiente a ocho semanas del bioensayo en la especie de pargo (*Lutjanus colorado*)

Variables	Dietas %						
	Control-0	Control-20	Control-40	Control-60	TAU-20	TAU-40	TAU-60
Peso Inicial (g)	3.11±0.41 ^a	3.11±0.42 ^a	3.11±0.42 ^a	3.11±0.41 ^a	3.11±0.42 ^a	3.11±0.41 ^a	3.11±0.40 ^a
Peso Final (g)	8.45±0.34 ^{bc}	8.55±0.70 ^{bc}	8.35±0.20 ^{bc}	6.52±0.34 ^d	9.42±0.50 ^b	11.19±0.59 ^a	7.87±0.11 ^{cd}
Peso ganado(g)	5.62±0.03 ^{bc}	5.44±0.92 ^{bc}	5.29±0.28 ^{bc}	3.41±0.34 ^d	6.31±0.50 ^b	8.19±0.59 ^a	4.76±0.11 ^c
TC (%)	180.84±1.10 ^{bc}	187.06±12.26 ^{bc}	170.10±9.09 ^{cd}	103.54±0.88 ^e	202.89±16.15 ^b	272.04±16.32 ^a	153.34±3.39 ^d
TEC (% d⁻¹)	1.82±0.11 ^b	1.92±0.08 ^b	1.81±0.06 ^b	1.35±0.09 ^c	2.01±0.10 ^b	2.34±0.09 ^a	1.54±0.20 ^c
CAI(g)	11.71±0.10 ^{ab}	9.21±0.63 ^{cd}	8.19±0.60 ^{ce}	6.14±1.09 ^e	10.21±1.37 ^{bc}	12.30±0.63 ^a	7.94±0.47 ^{de}
TCA	2.08±0.03 ^a	1.54±0.20 ^{ab}	1.50±0.18 ^b	1.75±0.09 ^{ab}	1.81±0.14 ^{ab}	1.50±0.03 ^b	1.67±0.09 ^{ab}
Supervivencia (%)	81.67±10.41 ^a	93.33±7.64 ^a	100.00±0.00 ^a	95.00±8.66 ^a	90.00±10.00 ^a	90.00±8.66 ^a	100.00±0.00 ^a
IEP	1.29±0.27 ^a	1.26±0.16 ^a	1.31±0.16 ^a	0.82±0.17 ^b	1.34±0.28 ^a	1.31±0.03 ^a	1.69±0.03 ^a

Los valores son la media y desviación estándar de n=3. Simbología: PG= Peso ganado; TC = Tasa de Crecimiento; TCE = Tasa Especifica de Crecimiento; CAI = Consumo de Alimento Individual total; TCA = Tasa de Conversión Alimenticia; S = Supervivencia; IEP = Índice de eficiencia proteica. Superíndices diferentes para cada parámetro denotan diferencias significativas (P>0.05)

8.2.1. Peso final ganado (PF)

En la Figura 10 se puede observar que las dietas con reemplazó de HP por HS suplementadas con taurina (TAU-20%, TAU-40% y TAU-60%) presentaron un mayor crecimiento en comparación con las dietas que tenían el mismo reemplazo de soya sin adición de taurina (control-20%, control-40% y control-60%) ($P < 0.05$), estas últimas dietas presentaron una tendencia a disminuir conforme aumentó la inclusión de soya. Los peces alimentados con la dieta TAU-40% presentaron el mejor crecimiento, contrario a los peces que consumieron la dieta Control-60% que mostraron el más bajo crecimiento ($P < 0.05$).

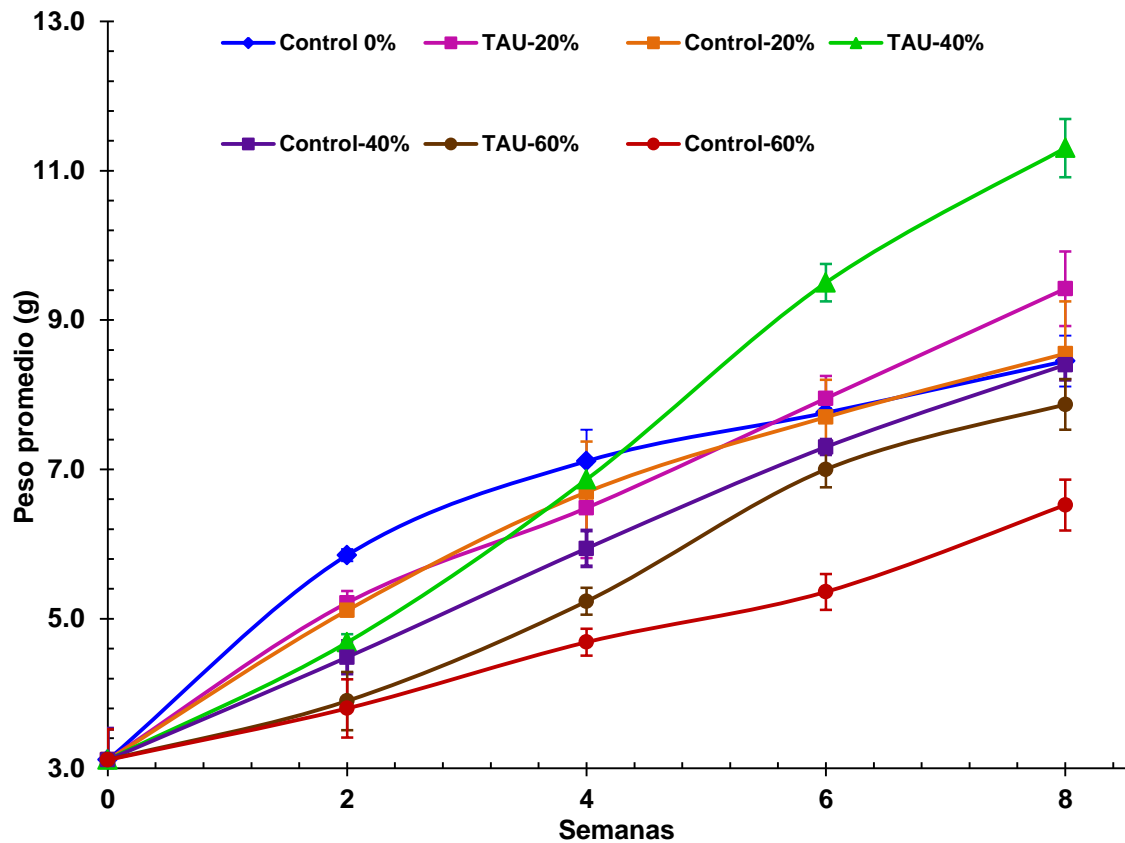


Figura 10. Crecimiento de juveniles de pargo (*Lutjanus colorado*) alimentados con dietas con diferentes inclusiones de harina soya en sustitución de harina de pescado.

8.2.2. Tasa de crecimiento (TC)

En la Tabla 3 se muestra que la más alta tasa de crecimiento expresado en porcentaje , se presentó en los peces alimentados con la dieta TAU-40% (272.04 ± 16.32), la cual fue diferente al resto de los tratamientos ($P < 0.05$), la dieta Control-0% fue estadísticamente igual ($P > 0.05$) a las dietas TAU-20%, Control-20%, Control-40%, sin embargo fue diferente a la dieta TAU-40%, TAU-60% y Control-60% ($P < 0.05$). Los peces que presentaron la tasa de crecimiento más bajo fueron los alimentados con la dieta Control-60% (103.54 ± 0.88), la cual fue diferente a todos los tratamientos ($P < 0.05$).

8.2.3. Tasa Específica de Crecimiento (TEC)

Para tasa específica de crecimiento se observó los peces de la dieta TAU-40% presentaron una TEC de 2.34 ± 0.09 la cual fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos ($P < 0.05$), caso contrario sucedió con los peces de la dieta Control-60% (1.35 ± 0.09), la cual presentó los niveles más bajo de TEC de todos los tratamientos ($P < 0.05$) (Tabla 3).

8.2.4. Consumo de alimento individual (CAI)

En la Tabla 3, se muestra que el tratamiento que mostró un mayor consumo de alimento individual, fue el correspondiente a los peces de la dieta TAU-40% con un valor de 12.30 ± 0.63 g, el cual no fue diferente a la los peces de la dieta Control-0% (11.71 ± 0.10 g ($P > 0.05$), sin embargo fue significativamente diferente a los peces de la dieta TAU-60% (7.94 ± 0.47), Control-40% (8.19 ± 0.60) y control 60% (6.14 ± 1.09). Los peces que presentaron el menor consumo de alimento fueron con la dieta TAU-60%, Control-40% y Control-60% ($P > 0.05$).

8.2.5. Tasa de Conversión Alimenticia (TCA)

Los peces que obtuvieron la mejor tasa de conversión alimenticia fueron a los alimentados de la dieta TAU-40% con el menor nivel (1.50 ± 0.03), sin embargo no fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$) a los peces de la dieta TAU-20% (1.81 ± 0.14), TAU-60% (1.67 ± 0.09), Control-20% (1.54 ± 0.20), Control-40% (1.50 ± 0.18) y Control-60% (1.75 ± 0.09) respectivamente, y la TCA más elevada fue correspondiente a los peces de la dieta Control-0% siendo estadísticamente diferente a la dieta TAU-40% y Control-40% ($P < 0.05$) (Tabla 3).

8.2.6. Supervivencia

El tratamiento que presentó la supervivencia más baja fue los peces de la dieta Control-0%, con una supervivencia de 81.67%, sin embargo no se presentaron diferencias significativas con los peces de las dietas TAU-60% y Control-40% con supervivencias del 100% ($P > 0.05$; Tabla 3).

8.2.7. Índice de eficiencia proteica

El índice de eficiencia proteica más alto se presentó en los peces de la dieta TAU-60% (1.69 ± 0.03) el cual resultó estadísticamente diferente ($P < 0.05$) a los peces de la dieta Control-60% (0.82 ± 0.17) y estadísticamente similar al resto de los tratamientos ($P > 0.05$) (Tabla 3).

8.3. Índices biológicos corporales

Los resultados de los índices biológicos, factor de condición (FC), índice hepatosomático (IHS), índice viscerosomático (IVS) y relación de grasa intraperitoneal (RGI), de los siete tratamientos experimentales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 4. Índices biológicos del pargo colorado alimentado con 7 dietas experimentales por 8 semanas, los datos son la media de una $n=3\pm DE$

Dietas	Índices biológicos			
	FC ¹	IHS ²	IVS ³	RGI ⁴
Control-0%	1.53±0.16 ^{ab}	2.45±0.23 ^{bcd}	9.31±0.11 ^{ab}	1.93±0.22 ^a
Control-20%	1.34±0.06 ^{bc}	3.55±0.32 ^a	10.08±0.19 ^a	1.90±0.43 ^a
Control-40%	1.39±0.08 ^{abc}	2.11±0.23 ^{cd}	7.68±0.24 ^c	1.35±0.13 ^a
Control-60%	1.27±0.06 ^c	1.76±0.12 ^d	8.72±0.34 ^{bc}	1.48±0.07 ^a
TAU-20%	1.60±0.07 ^a	3.07±0.28 ^{ab}	8.79±0.89 ^{bc}	2.15±0.53 ^a
TAU-40%	1.38±0.10 ^{abc}	2.84±0.63 ^{abc}	9.80±0.55 ^{ab}	1.45±0.04 ^a
TAU-60%	1.32±0.08 ^{bc}	2.33±0.04 ^{bcd}	9.29±0.42 ^{ab}	1.42±0.24 ^a

¹ FC = Factor condición; ² IHS= índice hepatosomático; ³ IVS= índice viscerosomático y ⁴ RGI= relación de grasa intraperitoneal Superíndices diferentes para cada parámetro denotan diferencias significativas ($P>0.05$)

8.3.1. Factor de condición (FC)

El FC más bajo, se presentó en los peces alimentados con la dieta Control-60% (1.27 ± 0.06), siendo estadísticamente diferente a TAU-20% (1.60 ± 0.07) y a los peces de la dieta control-0% (1.53 ± 0.16) ($P<0.05$) y el factor de condición más alto se registró con los peces de la dieta TAU-20% (1.60 ± 0.07) el cual no presentó diferencias ($P>0.05$) con los de la dieta Control-0%, TAU-40% y Control-40% (Tabla 4).

8.3.2. Índice hepatosomático (IHS)

La relación del peso del hígado con respecto al peso del cuerpo en los organismos con la dieta Control-20% (3.55 ± 0.32) resultó similar con los de las dietas TAU-20% (3.07 ± 0.28) y TAU-40% (2.84 ± 0.63) ($P>0.05$), caso contrario sucedió con los peces alimentados con la dieta Control-60%, registrando los niveles más bajo los cuales no presentaron diferencias con los peces de la dieta Control-0% (2.45 ± 0.23), TAU-60% (2.33 ± 0.04) y Control-40% (2.11 ± 0.23) ($P>0.05$) respectivamente.

8.3.3. Índice viscerosomático (IVS)

El índice viscerosomático es la relación de las vísceras con respecto al peso total del cuerpo, donde los peces de la dieta Control-40% (7.68 ± 0.24) registró los valores más bajos, presentando diferencias ($P < 0.05$) con los peces de la dieta Control-0% (9.31 ± 0.11), TAU-40% (9.80 ± 0.55), TAU-60% (9.29 ± 0.42) y Control-20% (10.08 ± 0.19), por otra parte los peces de las dietas que presentan los índices más altos Control-20% (10.08 ± 0.19) no presentaron diferencias con la dieta Control-0% (9.31 ± 0.11), TAU-40% (9.80 ± 0.55), TAU-60% (9.29 ± 0.42) ($P > 0.05$) (Tabla 4).

8.3.4. Relación de grasa intraperitoneal (RGI)

No se presentaron diferencias significativas en RGI entre los siete tratamientos ($P > 0.05$), sin embargo los peces con más proporción de grasa intraperitoneal correspondió a los peces alimentados con las dieta Control-0% (1.93 ± 0.22) y TAU-20% (2.15 ± 0.53) (Tabla 4).

8.4 Análisis proximal de la carcasa de los organismos

. El análisis proximal de la carcasa inicial en base húmeda presentó los siguientes resultados: lípidos 3.86 ± 0.11 , humedad 72.59 ± 0.23 , ceniza 4.65 ± 0.12 y proteína 14.63 ± 0.32 . En la Tabla 5 se muestra los resultados obtenidos de carcasa final en base húmeda, para la realización de este análisis se sacrificaron seis peces por tratamiento.

Los resultados de los análisis proximales de la carcasa de los peces (Tabla 5) muestra que el contenido de proteína de los peces en los siete tratamientos presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). De forma similar se registró para los lípidos, humedad, cenizas y ELN ($P < 0.05$). La dieta control-60% con menor ELN fue la que presentó la menor tasa de crecimiento.

Tabla 5. Composición proximal del cuerpo de los peces en base húmeda, los valores son en promedio \pm su desviación estándar

Dieta	Parámetros				
	Proteína	Humedad	Lípidos	Cenizas	ELN
Inicial	14.63 \pm 0.32	72.59 \pm 0.23	3.86 \pm 0.11	4.65 \pm 0.12	4.27 \pm 0.03
Control-0%	17.31 \pm 0.10 ^e	70.57 \pm 0.32 ^a	5.10 \pm 0.01 ^d	6.22 \pm 0.00 ^b	0.81 \pm 0.01 ^c
Control-20%	18.32 \pm 0.02 ^{bc}	68.38 \pm 0.34 ^{bc}	5.59 \pm 0.07 ^c	6.67 \pm 0.13 ^a	1.01 \pm 0.20 ^b
Control-40%	19.69 \pm 0.01 ^a	68.51 \pm 0.41 ^{bc}	5.62 \pm 0.05 ^c	6.11 \pm 0.13 ^b	0.14 \pm 0.06 ^d
Control-60%	17.73 \pm 0.02 ^{cd}	69.58 \pm 0.72 ^{ab}	6.57 \pm 0.11 ^a	5.75 \pm 0.05 ^c	0.30 \pm 0.01 ^d
TAU-20%	17.69 \pm 0.02 ^{de}	70.67 \pm 0.50 ^a	4.96 \pm 0.07 ^d	6.00 \pm 0.12 ^{bc}	0.64 \pm 0.09 ^c
TAU-40%	19.30 \pm 0.03 ^a	67.57 \pm 0.28 ^c	6.20 \pm 0.09 ^b	5.59 \pm 0.16 ^c	1.38 \pm 0.27 ^a
TAU-60%	18.57 \pm 0.02 ^b	68.54 \pm 0.94 ^{bc}	6.34 \pm 0.14 ^{ab}	5.26 \pm 0.12 ^d	1.21 \pm 0.18 ^{ab}

ELN (Extracto libre de nitrógeno)

ELN = 100 - (% humedad + % proteína cruda + % lípidos crudos + % ceniza). Superíndices diferentes para cada parámetro denotan diferencias significativas ($P > 0.05$)

8.5. Determinación de aminoácidos

8.5.1. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales

En la Tabla 6 se muestra el contenido de taurina y la concentración de aminoácidos de las dietas experimentales. Se puede observar que el ácido glutámico, serina, treonina, alanina, metionina, valina, fenilalanina y leucina no presentaron diferencias significativas en los siete tratamientos ($P > 0.05$). A diferencia de taurina, histidina, arginina, tirosina, isoleucina, ácido aspártico, lisina y glicina, los cuales presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Con respecto al contenido de taurina en las dietas, se presentaron diferencias estadísticas en la mayoría de las dietas, el contenido más alto lo presentó la dieta TAU-60% (1.89 \pm 0.05) ($P < 0.05$) y el contenido de taurina más bajo se presentó en la Control-60% (0.08 \pm 0.00) ($P < 0.05$).

En las dietas que no se suplementó taurina cristalina Control-20% (0.36 \pm 0.05), Control-40% (0.36 \pm 0.05) y Control-60% (0.29 \pm 0.02) conforme disminuía la inclusión de HP y aumentaba nivel de la HS, disminuía el nivel de taurina en la dieta, resultando diferente la dieta Control-60% ($P < 0.05$) a la dieta Control-20% y Control-40%, las cuales no presentaron diferencias ($P > 0.05$).

8.5.2 Perfil de aminoácidos del músculo del pargo colorado

En la Tabla 7 se muestra el perfil de aminoácidos en músculo del pargo colorado, se observa que la concentración de metionina no presentó diferencias ($P>0.05$) en todos los tratamientos, lo cual indica que la cantidad de metionina suplementada en la dieta fue totalmente asimilada por el pez, de igual manera no se presentaron diferencias en todos los tratamientos con respecto a lisina ($P>0.05$). La concentración de taurina en músculo presentó una tendencia a incrementar conforme aumentó su inclusión en las dietas adicionadas con taurina TAU-20% (0.79 ± 0.05), TAU-40% (1.98 ± 0.36) y TAU60% (2.61 ± 0.51) ($P>0.05$), sin embargo estos peces fueron estadísticamente diferentes a los alimentados sin inclusión de taurina, Control-0% (0.51 ± 0.07), Control-20% (0.65 ± 0.11), Control-40% (0.32 ± 0.04) y Control-60% (0.30 ± 0.13) ($P<0.05$).

Tabla 6. Determinación del perfil de aminoácidos (g AA por 100 g de proteína) de las dietas experimentales en base seca

Aminoácidos	Control-0%	Control-20%	Control-40%	Control-60%	TAU-20%	TAU-40%	TAU-60%
Esenciales							
Histidina	5.39±0.75 ^{ab}	4.58±0.24 ^{ab}	4.59±0.25 ^{ab}	3.69±0.23 ^b	5.21±0.32 ^{ab}	4.26±0.34 ^{ab}	7.84±0.64 ^a
Arginina	17.87±0.99 ^{ab}	10.43±0.21 ^b	13.21±1.10 ^{ab}	10.90±0.24 ^{ab}	10.95±0.55 ^{ab}	13.11±1.28 ^{ab}	21.96±0.83 ^a
Treonina	4.63±0.12 ^a	4.67±0.15 ^a	4.75±0.48 ^a	4.23±0.16 ^a	4.49±0.18 ^a	4.53±0.20 ^a	4.51±0.03 ^a
Tirosina	3.18±0.08 ^{ab}	3.28±0.09 ^{ab}	3.44±0.38 ^{ab}	3.52±0.05 ^{ab}	3.09±0.15 ^b	3.36±0.21 ^{ab}	3.46±0.18 ^a
Metionina	3.68±0.38 ^a	3.02±0.31 ^a	2.93±0.12 ^a	2.83±0.05 ^a	2.79±0.20 ^a	2.79±0.09 ^a	2.86±0.03 ^a
Valina	2.43±0.52 ^a	3.91±0.29 ^a	3.45±0.32 ^a	3.79±0.11 ^a	3.44±0.16 ^a	3.08±0.04 ^a	1.85±0.09 ^a
Fenilalanina	3.60±0.30 ^a	4.32±0.08 ^a	4.57±0.23 ^a	4.62±0.07 ^a	3.87±0.30 ^a	4.38±0.16 ^a	3.70±0.01 ^a
Isoleucina	1.72±0.44 ^{ab}	2.70±0.29 ^a	2.17±0.37 ^{ab}	2.87±0.13 ^a	2.09±0.31 ^{ab}	2.33±0.50 ^{ab}	1.45±0.16 ^b
Leucina	7.34±0.59 ^a	7.94±0.34 ^a	8.06±0.29 ^a	8.16±0.16 ^a	7.27±0.31 ^a	7.77±0.20 ^a	7.86±0.0 ^a
Lisina	8.85±0.59 ^a	7.66±0.22 ^b	7.35±0.17 ^b	5.01±0.17 ^c	7.56±0.36 ^b	7.29±0.27 ^b	4.44±0.13 ^c
No esenciales							
Taurina*	0.59±0.14 ^d	0.36±0.05 ^c	0.29±0.02 ^c	0.08±0.00 ^e	0.66±0.09 ^{dc}	1.34±0.09 ^b	1.89±0.05 ^a
Ácido aspártico	6.50±0.05 ^{cd}	10.57±0.45 ^{ab}	7.37±0.94 ^c	12.47±0.84 ^a	9.99±0.20 ^b	7.59±1.01 ^c	4.93±0.01 ^d
Ácido glutámico	12.41±0.04 ^a	19.17±0.49 ^a	19.14±0.81 ^a	19.55±0.40 ^a	19.47±0.46 ^a	19.17±0.15 ^a	12.86±0.08 ^a
Serina	5.69±0.33 ^a	5.60±0.22 ^a	6.56±0.31 ^a	7.14±0.49 ^a	6.25±0.44 ^a	6.61±0.56 ^a	5.83±0.15 ^a
Glicina	7.70±0.43 ^{ab}	4.48±0.10 ^b	5.94±0.63 ^{ab}	4.70±0.11 ^{ab}	4.99±0.28 ^{ab}	5.65±0.55 ^{ab}	9.46±0.36 ^a
Alanina	6.91±0.25 ^a	6.84±0.22 ^a	6.75±0.20 ^a	6.64±0.11 ^a	7.25±0.10 ^a	6.51±0.26 ^a	4.71±0.11 ^a

*Los valores de taurina están expresados en (g AA por 100 g de muestra). Los valores son la media ±DE(n=3)

Dieta con inclusión de taurina y sustitución de HP por HS (TAU-20%, TAU-40% y TAU-60%)

Dieta sin inclusión de taurina y sustitución de HP por HS (Control-20%, Control-40% y Control-60%).

Superíndices diferentes para cada parámetro denotan diferencias significativas (P>0.05)

Tabla 7. Determinación del perfil de aminoácidos (g AA por 100 g de proteína) en el músculo del pargo colorado (*Lutjanus colorado*) en base seca

Aminoácidos	Control-0%	Control-20%	Control-40%	Control-60%	TAU-20%	TAU-40%	TAU-60%
Esenciales							
Histidina	8.65±1.35 ^{ab}	12.48±0.63 ^a	11.44±1.13 ^{ab}	5.07±0.06 ^{ab}	10.15±1.52 ^{ab}	11.99±1.20 ^a	4.05±1.55 ^b
Arginina	8.16±0.78 ^{ab}	7.15±0.63 ^a	8.11±0.79 ^a	10.16±0.32 ^{ab}	9.74±0.57 ^{ab}	8.80±1.64 ^a	7.03±1.85 ^b
Treonina	2.57±0.41 ^a	3.37±0.14 ^a	2.62±0.42 ^a	4.51±0.30 ^a	3.55±1.11 ^a	2.75±0.30 ^a	2.53±0.94 ^a
Tirosina	3.38±0.24 ^{ab}	3.36±0.17 ^{ab}	3.60±0.20 ^a	3.03±0.25 ^b	3.23±0.35 ^{ab}	3.32±0.28 ^{ab}	2.96±0.12 ^b
Metionina	3.33±0.13 ^a	3.25±0.29 ^a	3.33±0.31 ^a	2.60±0.46 ^a	3.01±0.24 ^a	3.33±0.25 ^a	2.92±0.65 ^a
Valina	4.33±0.32 ^{ab}	4.70±0.67 ^a	3.93±0.33 ^{ab}	4.03±0.32 ^{ab}	3.84±0.36 ^{ab}	4.25±0.40 ^{ab}	3.59±0.44 ^b
Fenilalanina	5.00±0.25 ^a	5.23±0.27 ^a	5.15±0.21 ^a	4.49±0.24 ^b	4.73±0.47 ^a	5.27±0.41 ^a	4.53±0.12 ^b
Isoleucina	3.03±0.13 ^a	3.08±0.38 ^a	2.71±0.08 ^a	2.74±0.40 ^a	2.62±0.27 ^a	2.87±0.33 ^a	2.71±0.57 ^a
Leucina	7.01±0.55 ^{ab}	6.65±0.27 ^{ab}	6.70±0.13 ^{ab}	6.10±0.39 ^b	7.12±0.17 ^{ab}	6.70±0.38 ^{ab}	7.43±0.73 ^a
Lisina	7.36±1.20 ^a	7.81±0.33 ^a	7.14±0.41 ^a	5.63±1.32 ^a	7.98±0.48 ^a	7.25±0.26 ^a	7.88±0.37 ^a
No esenciales							
Taurina*	0.51±0.07 ^{bc}	0.65±0.11 ^{bc}	0.32±0.04 ^c	0.30±0.13 ^c	0.79±0.05 ^{abc}	1.98±0.36 ^{ab}	2.61±0.51 ^a
Acido aspártico	12.13±1.58 ^a	11.90±2.62 ^a	14.36±3.85 ^a	13.01±0.07 ^a	11.65±1.32 ^a	10.26±0.10 ^a	7.79±0.94 ^a
Acido glutámico	17.88±0.26 ^a	18.12±0.53 ^a	18.09±0.90 ^a	17.78±0.27 ^a	17.59±0.10 ^a	17.96±0.38 ^a	16.58±0.69 ^a
Serina	5.37±0.75 ^{ab}	5.62±1.00 ^b	5.81±0.45 ^b	4.82±0.13 ^{ab}	5.13±0.49 ^{ab}	5.73±0.75 ^a	5.32±0.59 ^b
Glicina	3.52±0.34 ^{ab}	3.02±0.28 ^b	3.64±0.45 ^{ab}	4.38±0.11 ^a	4.22±0.24 ^a	3.79±0.71 ^{ab}	3.74±0.09 ^{ab}
Alanina	6.21±0.18 ^a	5.95±0.27 ^a	6.32±0.18 ^a	6.66±0.10 ^a	6.61±0.32 ^a	6.14±0.64 ^a	6.01±0.40 ^a

* Los valores de taurina están expresado en (g AA por 100 g de muestra). Los valores son la media ±DE(n=9)

Dieta con inclusión de taurina y sustitución de HP por HS (TAU-20%, TAU-40% y TAU-60%)

Dieta sin inclusión de taurina y sustitución de HP por HS (Control-20%, Control-40% y Control-60%). Superíndices diferentes para cada parámetro denotan diferencias significativas (P>0.05)

8.6. Análisis hematológicos y bioquímica sanguínea

8.6.1 Proteína total (g·L⁻¹)

En la Tabla 8, se puede observar que conforme aumenta el nivel de inclusión de harina de soya en la dieta disminuye el nivel de proteína total (g·L⁻¹) el cual va de 51.03 a 45.03 g·L⁻¹ (P>0.05). Sin embargo la dieta con un reemplazo del 100% de harina de pescado, dieta Control-0% (51.03±3.38 g·L⁻¹) presenta el mayor nivel de proteína total en suero.

8.6.2 Hematocrito (%)

En hematocrito (%) no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (P>0.05). Los peces de la dieta Control-60% presentaron el mayor nivel de hematocrito (37.60±8.99), seguido de los peces de las dietas Control 20% (32.50±7.82 %) y Control-0% (25.00±12.76 %) (Tabla 8).

8.6.3 Hemoglobina (g·dL⁻¹)

La mayor concentración de hemoglobina se presentó en los peces alimentados con las dietas TAU-20% (9.59±0.62 g·dL⁻¹), TAU-40% (9.24±1.05 g·dL⁻¹) TAU-60% (9.73±1.52 g·dL⁻¹), sin embargo no presentaron diferencias (P>0.05) con respecto a los peces de la dieta Control-0% (7.55±0.34 g·dL⁻¹) y Control-60% (7.64±0.87 g·dL⁻¹) las cuales presentaron las concentraciones más bajas de hemoglobina (Tabla 8).

8.6.4 Colesterol (mg·dL⁻¹)

Los peces que presentaron los mayores niveles de colesterol fueron los peces alimentados con las dietas TAU-40% (341.24±30.51 mg·dL⁻¹) y TAU-60% (319.71±19.52 mg·dL⁻¹), siendo estas dietas estadísticamente similares (P>0.05) a los peces de las dietas Control-0% (253.85±31.17 mg·dL⁻¹), TAU-20% (246.47±36.04), Control-20% (237.55±23.14 mg·dL⁻¹) y Control 40% (214.23±8.23 mg·dL⁻¹), resultando estadísticamente diferente (P>0.05) a los peces de la dieta Control-60% (177.83±10.98 mg·dL⁻¹).

8.6.5. Triglicéridos (mg·dL⁻¹)

Los niveles más altos de triglicéridos se presentaron en los peces alimentados con las dietas TAU-40% (1070.98±89.49 mg·dL⁻¹) y TAU-60% (1084.98±92.92 mg·dL⁻¹), siendo estadísticamente diferente a los peces alimentados con la dieta Control-60% (514.90±86.74 mg·dL⁻¹) (P<0.05).

8.6.6. Taurina en plasma (μMol·ml⁻¹)

En cuanto a la concentración de taurina en plasma fue similar en todos los tratamientos sin embargo el estadístico denotó diferencias estadísticas donde la concentración más alta se dio en los peces alimentados con las dietas TAU-40% (0.31±0.00 μMol·ml⁻¹), TAU-60% (0.31±0.00 μMol·ml⁻¹), Control-40% (0.31±0.00 μMol·ml⁻¹) y Control-60% (0.30±0.00 μMol·ml⁻¹) siendo estadísticamente diferente a los peces de la dieta TAU-20% (0.26±0.00 μMol·ml⁻¹) (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis hematológicos, bioquímica sanguínea y concentración de taurina de la especie de pargo colorado (*Lutjanus colorado*) alimentados con siete dietas durante ocho semanas

Dieta	Proteína total (g·L⁻¹)	Hematocrito (%)	Hemoglobina (g·dL⁻¹)	Colesterol (mg·dL⁻¹)	Triglicéridos (mg·dL⁻¹)	Taurina (μMol·ml⁻¹)
Inicial	44.15±0.59	28.50±3.38	13.33±1.34	288.75±34.64	797.44±126.49	0.33±0.00
Control-0%	51.03±3.38 ^a	25.00±12.76 ^a	7.55±0.34 ^a	253.85±31.17 ^{ab}	735.53±39.29 ^{ab}	0.28±0.00 ^{bc}
Control-20%	48.89±2.80 ^a	32.50±7.82 ^a	7.84±0.06 ^a	237.55±23.14 ^{ab}	747.69±28.12 ^{ab}	0.29±0.00 ^{ab}
Control-40%	46.16±6.39 ^a	23.63±1.97 ^a	8.44±1.76 ^a	214.23±8.23 ^{ab}	625.27±30.01 ^{ab}	0.31±0.00 ^a
Control-60%	45.03±1.78 ^a	37.60±8.99 ^a	7.64±0.87 ^a	177.83±10.98 ^b	514.90±86.74 ^b	0.30±0.00 ^{ab}
TAU-20%	47.58±0.30 ^a	21.33±2.31 ^a	9.34±0.13 ^a	246.47±36.04 ^{ab}	637.00±174.35 ^{ab}	0.26±0.00 ^c
TAU-40%	47.25±2.89 ^a	24.33±2.94 ^a	9.61±.77 ^a	341.24±30.51 ^a	1070.98±89.49 ^a	0.31±0.00 ^a
TAU-60%	46.60±2.27 ^a	22.50±3.00 ^a	9.73±1.52 ^a	319.71±19.52 ^a	1084.98±92.92 ^a	0.31±0.00 ^a

Los valores son la media y desviación estándar de n=12. Superíndices diferentes para cada parámetro denotan diferencias significativas (P>0.05)

8.7. Actividad enzimática de lipasas

En la Tabla 9 se observa que al inicio del experimento hubo ligeramente mayor actividad específica de lipasas en el intestino que en los ciegos pilóricos del pargo colorado (*Lutjanus colorado*). Sin embargo, al final del experimento la dieta TAU-40% presentó los valores más altos de actividad en ambos órganos, en ciegos pilóricos (8.78 ± 4.55 U/mg proteína soluble) y en intestino (12.23 ± 4.35 U/mg proteína soluble).

Tabla 9. Actividad enzimática de lipasas en ciegos pilóricos e intestino del pargo colorado (*Lutjanus colorado*), los datos son la media de una $n=12 \pm DE$

Dietas	Lipasas (U/mg proteína soluble)	
	Intestino	Ciego pilóricos
Inicio	13.42±0.95	11.80±2.3
Control-0%	6.95±0.93 ^b	6.99±1.52 ^{ab}
Control-20%	8.53±0.53 ^{ab}	6.85±2.77 ^{ab}
Control-40%	8.41±3.34 ^{ab}	6.01±9.91 ^b
Control-60%	7.94±2.17 ^b	5.33±7.94 ^b
TAU-20%	8.66±3.71 ^{ab}	7.97±1.42 ^{ab}
TAU-40%	12.23±4.35 ^a	8.78±4.55 ^a
TAU-60%	8.23±2.01 ^{ab}	5.50±2.49 ^b

Superíndices diferentes para cada parámetro denotan diferencias significativas ($P > 0.05$)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Figura 11, la mayor actividad enzimática de lipasas en intestino se obtuvo en los peces alimentados con la dieta TAU-40% (12.23 ± 4.35 U/mg proteína soluble), a diferencia de los peces alimentados con la de la dieta Control-0% (6.95 ± 0.93 U/mg proteína soluble) y Control-60% (7.94 ± 2.17 U/mg proteína soluble), que presentaron la más baja actividad en intestino ($P < 0.05$). Los peces de la dieta TAU-60% presentaron baja actividad de lipasas (8.23 ± 2.01), comparada con los peces de las dietas TAU-20% y TAU-40% (8.66 ± 3.71 y 12.23 ± 4.35 respectivamente) las cuales contenían menor inclusión de taurina que la dieta TAU-60% ($P > 0.05$). Se observó que los peces alimentados con dietas sin inclusión de taurina, Control-

20% (8.53 ± 1.30 U/mg proteína soluble), Control-40% (8.41 ± 3.34 U/mg proteína soluble) y Control 60% (7.94 ± 2.17 U/mg proteína soluble) su actividad de lipasas disminuyó conforme aumentaba la inclusión de soya ($P > 0.05$).

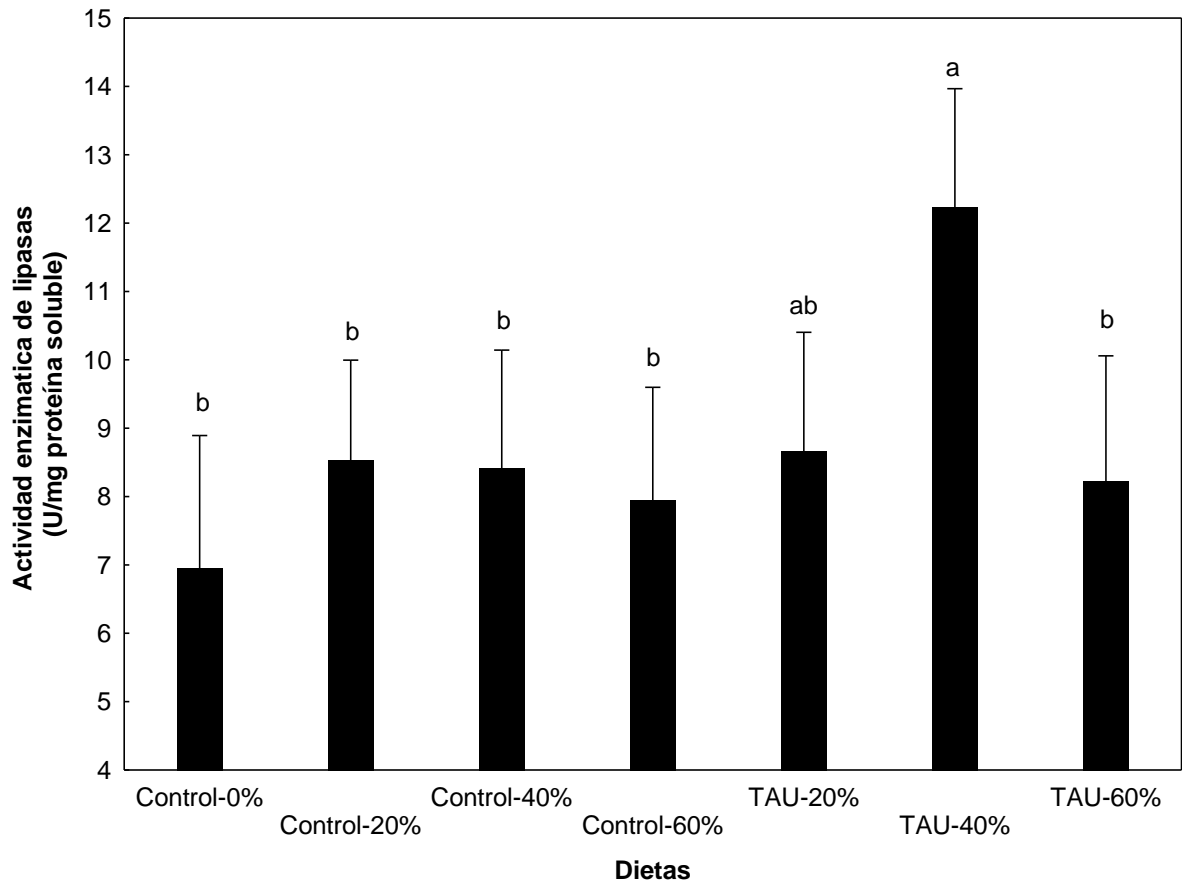


Figura 11. Actividad enzimática de lipasas en intestino del pargo colorado (*Lutjanus colorado*), los datos son la media de $n=12 \pm DS$

Por otra parte la actividad enzimática de lipasas en ciegos pilóricos del pargo colorado fue mayor con en los peces con la TAU-40% (8.78 ± 4.55), siendo estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) a los peces con la dieta TAU-60% (5.50 ± 2.49), Control-40% (6.01 ± 9.91) y Control-60% (5.33 ± 7.94). En el caso de las dietas sin inclusión de taurina Control-20% (6.85 ± 2.77), Control-40% (6.01 ± 9.91) y Control-60% (5.33 ± 7.94), su actividad enzimática disminuyó conforme aumentaba el nivel de soya y disminuía taurina; sin embargo, no se

presentaron diferencias significativas entre estos tratamientos ($P>0.05$) (Figura 12). Para la determinación de las diferencias estadísticas de ciegos pilóricos fue necesario realizar una prueba de Fisher.

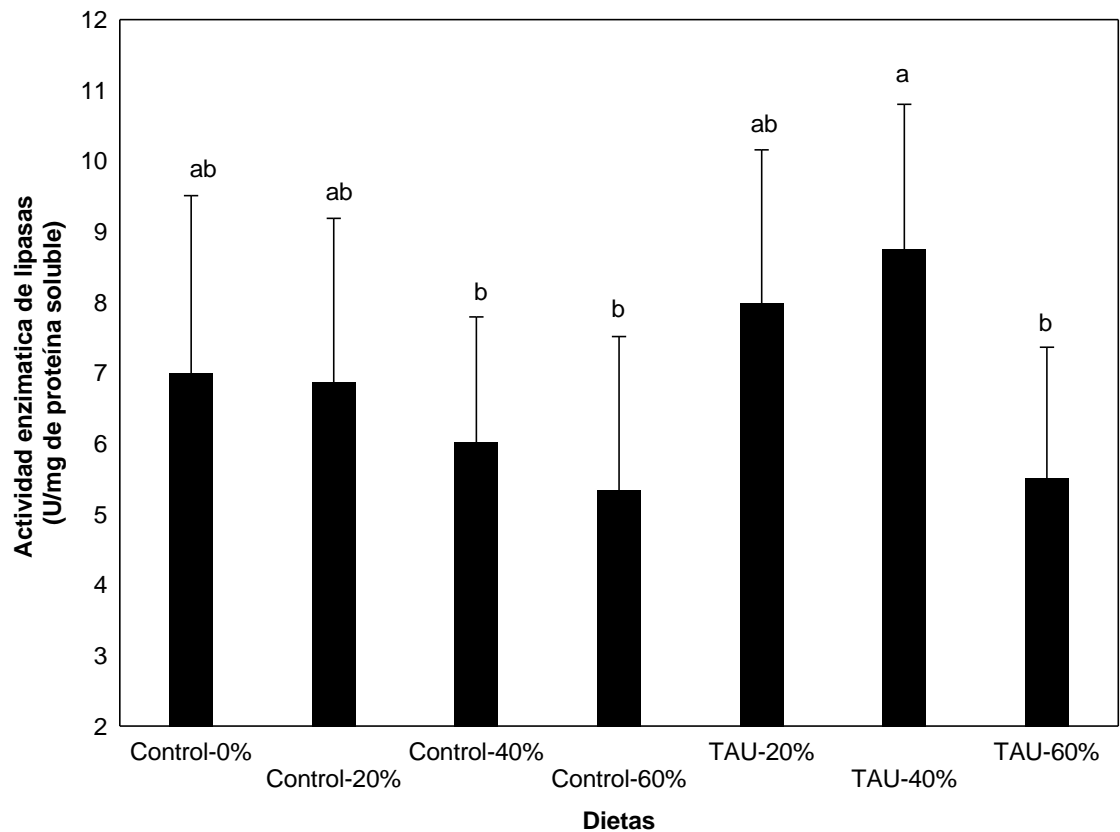


Figura 12. Actividad específica de lipasas en ciegos pilóricos del pargo colorado (*Lutjanus colorado*), los datos son la media de $n=12 \pm DS$

8.8. Análisis económico

Se determinó el costo unitario de alimentación (CUA) de las dietas Control-0%, TAU-20%, TAU-40% y TAU-60%. Solamente se consideró para la evaluación de las dietas TAU-20%, TAU-40% y TAU-60% el reemplazo de harina de pescado por harina de soya y el costo de la inclusión de taurina, sin considerar el costo unitario de los micro-ingredientes. En el caso de la dieta Control-0% se consideró el costo de la harina de pescado, gluten y harina de

calamar (Tabla 10). Así mismo se determinó la tasa de beneficio económico (TBE).

Tabla 10. Evaluación económica de las inclusiones de soya y dieta Control.

Dieta (%)	Inclusión HS (%)	Inclusión taurina (g·Kg⁻¹)	Costo alimento M.N (Kg)	CUA	TBE
Control-0	0	0	12.94	26.93	0.52
Control-20	20	0	10.64	16.39	0.59
Control-40	40	0	10.19	15.29	0.58
Control-60	60	0	9.74	17.05	0.46
TAU-20	20	0.50	10.71	19.39	0.63
TAU-40	40	0.63	10.27	15.41	0.77
TAU-60	60	0.75	9.84	16.43	0.55

En la Figura 13, se puede observar que el costo unitario de alimentación más bajos se obtiene con un nivel de inclusión de soya de 41.9%, esto es porque actualmente los precios de harina de soya son económicos, por lo tanto al utilizar mayor inclusión de soya suplementada con taurina, se disminuyen los gastos de operación, sin embargo al considerar la TCA el panorama cambia. Así mismo la dieta Control-40% sin taurina presenta un bajo costo unitario de alimentación de 15.29, de igual manera la dieta TAU-40% (adicionada con 1.34% de taurina) presenta un bajo costo.

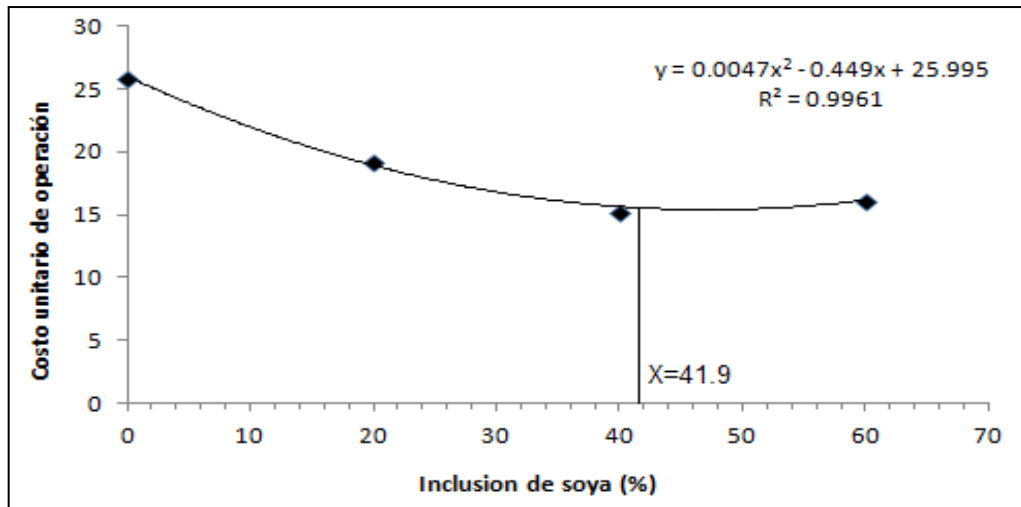


Figura 13. Análisis de regresión cuadrática de segundo orden que relaciona la tasa de eficiencia económica con respecto al nivel de reemplazo de HS

Sin embargo los resultados del análisis de regresión polinomial se observan en la Figura 14, en donde al derivar la ecuación $Y = -0.0002x^2 + 0.013x + 0.5114$, e igualar a cero, se obtiene el nivel de la inclusión de harina de soya con el que cual se obtendrán mejores ganancias, donde el mejor beneficio económico se obtiene al utilizar una inclusión de proteína de soya de hasta el 32.5%.

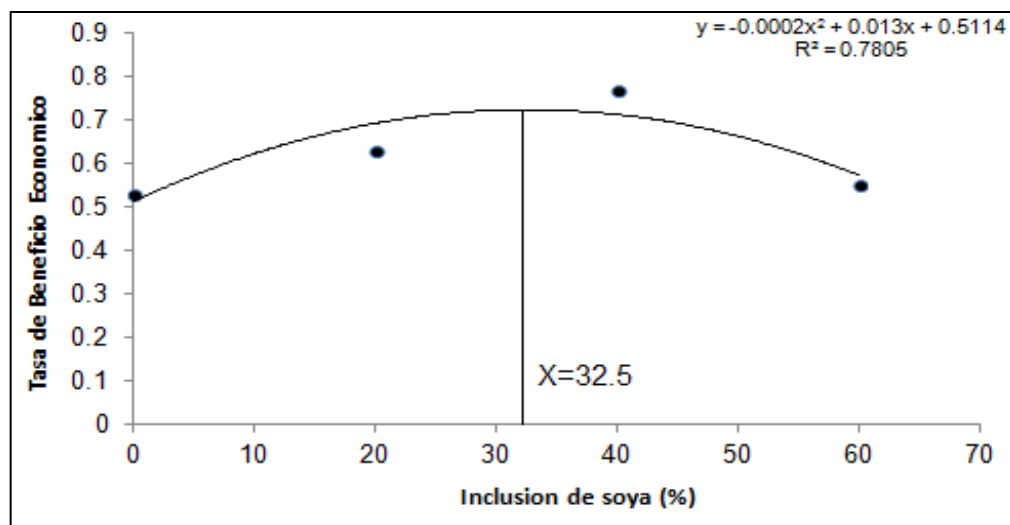


Figura 14. Análisis de regresión cuadrática de segundo orden que relaciona la tasa de beneficio económico con respecto al nivel de reemplazo de HS

IX. DISCUSIONES

9.1. Parámetros ambientales

El pargo colorado es un organismo termoconformador, no regulan su temperatura corporal y su metabolismo funciona de forma óptima dentro de 27-30°C en el cual la ingestión y crecimiento son máximos, pero disminuyen cuando la temperatura está por encima o por debajo del intervalo óptimo (Jover-Cerdá, 2000). Las especies tropicales y subtropicales no crecerán bien si la temperatura del agua es menor de 26-28°C y morirán por debajo de los 10-15°C (Perez, 2011). Durante el presente estudio *L. colorado* toleró cambios de temperaturas de 23°C a 27°C. Sin embargo, la temperatura con la que se presentó mejores resultados en cuanto a crecimiento fue de 25 a 27°C, condiciones similares de temperatura fue reportada para *L. argentiventris* de 25.8°C a 29.7°C (Guerrero-Tortolero, 1997), para *L. guttatus* de 25.6°C a 32.3°C (Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2007) y *L. colorado* 25°C a 31°C (Pérez, 2011).

El oxígeno disuelto es un requerimiento esencial para procesos fisiológicos básicos de todos los peces, se ha estimado que 5 mg·L⁻¹ es suficiente para la mayoría de las especies (Bernabé, 1994). En el presente experimento el oxígeno disuelto osciló entre 5 y 6 mg·L⁻¹ valor que se encuentra dentro de los intervalos considerados como satisfactorios (4 mg·L⁻¹ y 7.8 mg·L⁻¹) para *L. argentiventris* (Guerrero-Tortolero, 1997) y *Lutjanus colorado* (Pérez, 2011). Las variaciones de salinidad entre 33±0.5 a lo largo del experimento, no mostraron efecto alguno en *L. colorado*, aunque cabe mencionar que es una especie eurihalina (Perez, 2011), en estudios realizados sobre el efecto de la salinidad en el crecimiento de los peces, se ha obtenido que estos crecen mejor en un medio isoosmótico en donde los gradientes entre el medio interno del pez y el medio externo son mínimos, debido a que la energía que no es utilizada en

la osmorregulación maximiza el crecimiento, existiendo particularidades para cada especie. En el pargo colorado (*Lutjanus colorado*) del presente trabajo se observó una relación positiva entre la tasa de crecimiento y la salinidad cuando los peces fueron sometidos a 33 ppm, considerándose como la salinidad óptima para obtener un máximo crecimiento.

9.2. Evaluación biológica nutricional

Takeuchi (2001), determinó que la especie de lenguado japonés (*Paralichthys olivaceus*) requiere taurina, al menos en etapas juveniles con el fin de maximizar las tasas de crecimiento, debido a que esta especie no presenta la capacidad de sintetizar taurina a partir de metionina y/o cisteína; por lo tanto no pueden producir las cantidades necesarias para el crecimiento cuando son alimentadas con dietas carentes de taurina (Goto *et al.*, 2003, Gaylord *et al.*, 2006, Takagi 2011). Los resultados para crecimiento obtenidos para pargo colorado muestran un potencial en el uso de harina de soya suplementadas con taurina, teniendo resultados positivos hasta un nivel de inclusión del 40%. Resultados favorables con niveles de sustitución entre el 25% y el 45% de harina de soya se ha reportado en diferentes especies para peces marinos, en algunos experimentos el nivel de sustitución ha sido posible incrementarlo al suplementar taurina en dietas deficientes de este nutriente (Martinez *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2005; Gaylord *et al.*, 2006; Lunger *et al.*, 2007; Chatzifotis *et al.*, 2008; Yun *et al.*, 2012).

Sánchez-Rodríguez (2013) determinó para la especie de pargo (*Lutjanus guttatus*) una sustitución óptima de harina de soya de 33.75%. Los mejores resultados en tasa de conversión alimenticia se presentaron en la dieta al 45% de suplementación krill-soya, el krill es una fuente rica en aminoácidos esenciales, omega 3 y taurina, estos resultados concuerda con lo descrito en el presente trabajo donde el mejor resultado de TCA y CAI se presentó en los peces de la dieta que contenía suplementación de taurina TAU-40%.

Kim *et al.* (2005) realizaron un estudio para investigar los efectos de los niveles de taurina dietarios sobre crecimiento y eficiencia alimenticia en juveniles de lenguado japonés (*Paralichthys olivaceus*), donde manejaron tres niveles de suplementación de taurina (0, 0.5 y 1.5%) (base seca) en las dietas experimentales, la dieta con el nivel de taurina de 1.5% presentó mejor índice de eficiencia proteica y un mayor incremento en peso, siendo estos resultados similares a los del presente trabajo donde los peces que mejor crecimiento y consumo de alimento presentaron fueron alimentados con la dieta TAU-40% (11.19±0.59 g y 12.30±0.63 g respectivamente). Cabe mencionar que de acuerdo al análisis por HPLC la dieta TAU-40% contiene 1.34% de taurina en base seca y la dieta que más bajo crecimiento obtuvo fue la Control-60% (6.52±0.34 g) sin inclusión de taurina; según su análisis de AA la aportación de taurina por parte de la HP fue de 0.08% en base seca, donde dicha dieta presentó el más bajo consumo de alimento (6.14±1.09 g) (P<0.05).

El bajo crecimiento de las dietas Control-60% y TAU-60% (6.52±0.34 y 7.87±0.11 respectivamente) posiblemente es ocasionado por el alto contenido proteínico de las harinas vegetales en este caso la soya, por lo que la suplementación de metionina, lisina, taurina, suele ser opacado por factores anti nutricionales que impiden la digestión proteínica y por lo tanto su absorción y utilización, cuando su reemplazo se encuentra por arriba de 40% de proteína de soya (Liener, 1979).

Garylord *et al.* (2007) en su experimento en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) al ser alimentados con soya y suplementación de aminoácidos metionina y/o taurina, los mayores resultados presentados en tasa de crecimiento fue la dieta con una inclusión de 5.0% de taurina y 0% de inclusión de metionina de las nueve dietas experimentales. Por otra parte en el experimento de Chatzifotis *et al.* (2008) formuló seis dietas experimentales para el común dentex (*Dentex dentex*), dos dietas de referencia con taurina y sin taurina (HP+ taurina y HP sin taurina), dietas con 25% de inclusión de soya

(HS25+ taurina y HS25 sin taurina) y dietas con 45% de soya (HS45+ taurina y HS45 sin taurina) , las dietas que presentaron mayor crecimiento y TEC fueron las dietas de harina de pescado con taurina y la dieta 25% de harina de soya con taurina(HS25 con taurina) concluyendo que la sustitución parcial de harina de pescado es posible hasta un 25% de proteína de soya sin afectar el consumo de alimento o el crecimiento al ser suplementada con 2 % de taurina.

Los beneficiosos de la inclusión de taurina en la dieta han sido demostrados en varias especies. La inclusión de taurina dietética se ha reportado que mejora el crecimiento en salmón (Sakaguchi y Murata, 1988), juveniles de jurel cola amarilla (*Seriola quinqueradiata*) (Matsunari *et al.*, 2005) y lubina (*Dicentrarchus labrax*) (Brotons- Martínez *et al.*, 2004). Park *et al.* (2002) estima que para el lenguado japonés (*Paralichthys olivaceus*) se requiere 1.4% de taurina para un crecimiento óptimo.

En el presente trabajo las dietas sin inclusión de taurina (Control-20%, Control-40% y Control-60%) el CAI presentó una tendencia a disminuir conforme aumentaba la inclusión en soya (9.21 ± 0.63 , 8.19 ± 0.60 y 6.14 ± 1.09 g) respectivamente con diferencias significativas ($P < 0.05$), lo cual concuerda con varios autores que al aumentar los niveles de soya tiende a disminuir el CAI, presumiblemente por problemas de palatabilidad, lo que provoca que los peces no consuman el alimento y solo consuman para satisfacer sus necesidades ocasionando un bajo crecimiento (Davis *et al.*, 1995; Meilahn *et al.*, 1996; Silva-Carillo *et al.*, 2012).

Así mismo el mayor incremento en peso del pargo colorado y tasa de conversión alimenticia se dio en las dietas que contenían 0.5% de colesterol ($3.41-8.19$ g y $1.54-1.81$ respectivamente) comparada con la dieta Control-0% la cual no tenía inclusión de colesterol con un incremento en peso de 5.62 g y una TCA de 2.08, estos resultados concuerdan con los determinados por Yun *et al.* (2012) quienes realizaron un experimento con la especie de juveniles de

rodaballo (*Scophthalmus maximus L.*) para ello, formuló cuatro dietas experimentales (Control, Colesterol 1%, Taurina 1% y Taurina-Colesterol 1%) en dietas a base de fuentes vegetales, como resultados obtuvieron que el mejor incremento en peso y TCA, se dio en la dieta que contenía taurina-colesterol 1%. De acuerdo a Deng *et al.* (2010) la HP es rica en colesterol, mientras que sólo los bajos niveles están presentes en la mayoría de las fuentes vegetales, estos autores determinaron que la suplementación de colesterol en la dieta mejora significativamente el CAI y TCA en bagre de canal (*Channel catfish*).

En la presente investigación los valores de IEP de los diferentes tratamientos se encontraron entre 0.82 a 1.69, donde la dieta TAU-60% presentó el valor más alto de eficiencia proteica, siendo estadísticamente diferente a la Control-60% ($P < 0.05$), estos resultados concuerdan con los reportados por Den *et al.* (2006) en la especie de lenguado japonés al utilizar fuentes vegetales como remplazo de la harina de pescado, obteniendo valores de 0.81 a 1.43, por lo que los peces al ingerir menores cantidades de alimento utilizaron el contenido de proteína para mantenimiento y no para síntesis de proteína.

En el caso de supervivencia no se presentaron diferencias significativas entre los tratamiento ($P > 0.05$) del presente trabajo, de tal manera que la inclusión de taurina en la dietas para el pargo colorado promovieron bajas mortalidades. De igual manera Martínez *et al.* (2004), en la especie de lubina no presentó mortandad al utilizar diversas inclusiones de taurina en dietas de fuentes vegetales.

9.3. Índices biológicos corporales

El Factor de condición puede asociarse a una valoración de la complexión o estado de delgadez o gordura, así mismo hay variaciones interespecíficas entre especies pudiendo variar ampliamente, ya que influyen

factores como la temperatura, cantidad y calidad de alimento y estado reproductivo (Guillaume *et al.*, 2004). El factor de condición de la presente investigación fue más alto en la dieta TAU-20% (1.60 ± 0.07), sin embargo no se presentaron diferencias ($P > 0.05$) con la dieta Control-0%, TAU-40% y Control-40%, (1.53 ± 0.16 , 1.38 ± 0.10 y 1.39 ± 0.08 respectivamente) siendo estos resultados similares a los reportados por Abdo de la Parra *et al.* (2010) en la especie de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), con un factor de condición de 1.6. Por otra parte resultados similares se presentaron en Abbas *et al.* (2005), en organismos de 8 g del pargo rojo de manglar (*Lutjanus argentimaculatus*).

El índice hepatosomático más alto se determinó en la dieta Control-20% (3.55), resultando estadísticamente diferente a las dietas con el IHS más bajo Control-60% (1.76) y TAU-60 (2.33) ($P < 0.05$). Lunger *et al.* (2007) en juveniles de cobia (*Rachycentron canadum*) al incorporar taurina en sus dietas obtuvieron un IHS menor en la dieta 50:50+ inclusión taurina (3.11) y el IHS más alto lo obtuvieron en la dieta sin taurina 25:75 (5.07) ($P < 0.05$). Los resultados concuerdan que el índice hepatosomático mayor en un individuo implica que cuenta con mayores reservas energéticas mayores almacenadas en el hígado y por consiguiente una condición mejor.

En general, los índices corporales pueden variar entre especies, estos dependen de las características experimentales, del tipo y calidad del alimento suministrado, así como de los componentes nutricionales y la fisiología del organismo.

9.4. Análisis proximal de la carcasa de los organismos

En los resultados obtenidos para proteína en carcasa del pargo colorado (*L. colorado*) en el presente experimento fueron diferentes a los obtenidos por Pérez *et al.* (2011) en la misma especie, donde obtuvieron un contenido de proteína inicial de 21.4 y final de 25.5 en base húmeda, sin embargo estos peces fueron alimentados con carne negra de subproducto fresco de *Thunnus*

albacares, por tal motivo la retención de proteína fue mayor comparado al suministrado por las dietas experimentales a base de harina de soya.

9.5. Determinación de aminoácidos

Los aminoácidos azufrados son factores que limitan la eficiencia de las dietas basadas en fuentes vegetales, por tal motivo una deficiencia en esta clase de aminoácidos conlleva a una reducción en la ganancia de peso y IEP de los peces que las consumen. La suplementación de taurina y metionina ha mejorado el crecimiento en peces como trucha arcoíris, mero, curvina amarilla y lenguado japonés, por tal motivo la mejora en crecimiento por parte de taurina ha demostrado diversos beneficios que otorga este aminoácido, tales como un aumento en la palatabilidad, efecto antioxidante, neurotransmisor, osmorregulación celular, producción de sales biliares y regulación de presiones osmóticas (Wright *et al.*, 1986; Chen *et al.*, 2003; Lou *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2005; Mai *et al.*, 2006).

Según Eilertsen *et al.* (2012) los cereales, vegetales, legumbres y frutas, carecen de taurina o contiene cantidades insignificantes. La concentración de taurina de las dietas controles (sin taurina) tendió a disminuir la taurina conforme aumentaba la inclusión de soya, posiblemente por la deficiencia de taurina en las fuentes vegetales, en el caso de las dietas a las que se les incluyo taurina, estas presentaron un aumento conforme lo hacia la inclusión de taurina.

Takagi *et al.* (2011), elaboraron tres dietas al 55% de concentrado de proteína de soya para la especie de de besugo (*Pagrus major*), con diferentes inclusiones de taurina (0%, 1%, 2% base seca), a pesar de que los concentrados contaban con un excelente perfil de aminoácidos, balancearon en sus tres dietas con 1.27 % de lisina y 0.86 % de metionina. El análisis del perfil de aminoácidos se demostró que la concentración de taurina aumentó conforme

aumentó la inclusión de taurina (0.01, 9.79 y 20.8 %), así mismo en sus resultados demostraron que en comparación con los peces alimentados con la dieta de harina de pescado, posiblemente las causas en crecimiento inferior se debió a las dietas que no fueron suplementadas con taurina.

Por otra parte Gaylord *et al.* (2006) realizaron un estudio en la especie de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), formulando dietas a base de harinas de fuentes vegetales con inclusiones de taurina (0.5, 1.0, 1.5% base seca), estas inclusiones de taurina fueron similares a las dietas con inclusión de taurina del presente experimento, TAU-20%, TAU-40% y TAU60% (0.48, 1.34 y 1.89% base seca) respectivamente, los resultados finales para crecimiento fueron mejores en las dietas con inclusión de taurina.

En el presente experimento la inclusión de taurina que mejores resultados presentó para pargo colorado fue la inclusión de 1.34% de la dieta TAU-40%. Sin embargo Park *et al.* (2001) sugiere que el contenido de taurina en el dieta mejora el crecimiento y el metabolismo en juveniles de lenguado japonés (*Paralichthys olivaceus*) llegando a la conclusión que el requerimiento de taurina en la dieta es de 15-20 mg·g⁻¹. Lo anterior indica que hay que investigar el requerimiento de taurina por especie.

En cuanto a los resultados de taurina en el músculo del pargo colorado tienen una tendencia similar a los de las dietas experimentales, es decir, la depositación de taurina en el músculo aumenta a medida que se aumenta la inclusión de taurina en los tratamiento TAU-20%, TAU-40% y TAU-60% (0.79 a 2.61%) ($P>0.05$) y tiende a disminuir la depositación de taurina en el músculo en las dietas (Control-20%, Control-40% y Control-60%) (0.64 a 0.30%) ($P>0.05$) conforme disminuye su proporción por parte de los ingredientes. Resultados similares han sido descritos por varios autores donde el contenido de taurina en el músculo y en las dietas incrementa conforme incrementa su inclusión en la dieta (Park *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2004;

Kim *et al.*, 2005; Matsunari *et al.*, 2005; Lunger *et al.*, 2007). Existen pocos trabajos en los que se analice la retención o deposición de aminoácidos en el músculo sin embargo Cowey y Luquet (1983) mencionan que la composición de aminoácidos en el cuerpo de los peces y lo incluido en la dieta debe ser similar.

9.6. Análisis hematológicos y bioquímica sanguínea

En la determinación de análisis hematológico y bioquímica sanguínea es importante considerar los factores fisiológicos que afectan los resultados como es el ciclo reproductivo, edad, género y nutrición. Las variaciones sanguíneas pueden deberse a las técnicas utilizadas para el muestreo, a la procedencia de los ejemplares, a factores de calidad de agua, a la situación fisiológica en la cual el pez se encuentra y a la presencia de ciertas enfermedades o estados patológicos.

Los estudios de química sanguínea en peces tropicales son muy escasos, a pesar de que estos permiten realizar evaluaciones diagnósticas con fines preventivos cuando se refiere al planeamiento de medidas de control de patologías. La concentración de proteínas está altamente relacionada con el estado nutricional y la calidad del alimento. La concentración de proteína total del "pool", al inicio del presente experimento fue de $44.15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Los peces que presentaron una mayor concentración de proteína fueron los alimentados con la dieta Control-0% con $51.03\pm 3.38 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, sin embargo no fueron estadísticamente diferentes en el resto de las dietas ($P < 0.05$), estos resultados se encuentran dentro del rango óptimo para la especie de *L. guttatus* (44.07 a $117.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) reportadas por Silva-carrillo *et al.* (2012) y Hernández *et al.* (2013) manejados en las mismas condiciones de cultivo.

En el caso de hematocrito se presentaron valores de 21.33 ± 2.31 a $37.60\pm 8.99\%$ ($P > 0.05$), los resultados obtenidos en este experimentos no se encuentran dentro de lo óptimo descrito por Del Rio-Zaragoza *et al.* (2011), sin embargo al comparar las dietas con su valor inicial y dieta Control-0%, se

concluye que las inclusiones de soya y taurina no fueron los motivos para una concentración baja de hematocrito, debido a que la dieta Referencia ya se ha probado en la especie de *L. guttatus* sin presentar problemas (Silva-Carillo *et al.*, 2012). Por tal motivo el valor óptimo de hematocrito en pargo flamenco no es el mismo para la especie de estudio, vale la pena resaltar que el pargo colorado fue evaluado en condiciones aparentemente saludables, la variación en el hematocrito podría deberse a las adaptaciones fisiológicas de las especies, pues los valores son mayores para aquellas de mayor actividad locomotora o actividad pelágica migratoria y son menores para bentónicas, lentas o sedentarias, en las cuales los eritrocitos son más grandes y se observan en menor número (Wintrobe, 1934).

Los resultados en hemoglobina para pargo colorado se encontraron de 7.55 ± 0.34 a 9.73 ± 1.52 g·dL⁻¹, no se presentan diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, encontrándose dentro de lo óptimo reportado para la especie de *L. guttatus* (7.29 a 17.03 g·dL⁻¹) (Del Rio-Zaragoza *et al.*, 2011). Estos datos concuerdan con lo descrito por Takagi *et al.* (2006b) en besugo (*Pagrus major*) al ser alimentados con dietas a base de taurina, donde sus niveles de hemoglobina van de 7.2 a 9.8 g·100ml⁻¹. Según lo descrito por Molnár y Tamassy (1970) los peces predadores (carnívoros), poseen mayor concentración de hemoglobina cuando se comparan con herbívoros y omnívoros.

Con respecto al colesterol total en plasma no se han determinado niveles óptimos en especies marinas carnívoras, sin embargo en el presente experimento presentó una tendencia a disminuir en las dietas sin inclusion de taurina conforme aumentaba la inclusion de soya siendo estas comparadas con la dieta control-0% 253.85 (Control-20% 237.23 , Control-40% 214.23 y Control-60% 177.83 mg·dL⁻¹). Resultados similares han sido encontrado por Messina *et al.* (2013) quienes reportan que el nivel de colesterol en plasma disminuyó al utilizar la dieta de soya en la especie de robalo (*Dicentrarchus labrax L.*), donde

obtuvo como resultados niveles de colesterol en suero de 350 a 300 mg·dL⁻¹ (P>0.05).

Las dietas del presente experimento con inclusión de taurina presentaron los valores en colesterol más altos con respecto a las dietas sin inclusión de taurina, TAU-20% (246.27 mg·dL⁻¹), TAU-40% (341.24 mg·dL⁻¹) y TAU-60 (319.71 mg·dL⁻¹). Estos resultados no concuerdan con lo descrito por Yun *et al.* (2012) en rodaballo (*Scophthalmus maximus L.*) al incorporar en sus dietas experimentales colesterol y/o taurina, quienes obtuvieron un nivel más bajo de colesterol total en la dieta con inclusión de taurina (47.88 mg·dL⁻¹) y el nivel más alto en la dieta control sin inclusión de taurina (128.34 mg·dL⁻¹) (P<0.05).

Se ha determinado que taurina muestra un efecto reductor en la síntesis de colesterol al utilizar altos niveles de colesterol exógeno en la dieta, así mismo taurina ha mostrado una mejora en la síntesis de colesterol endógeno, estas observaciones sugieren que el efecto reductor de colesterol por parte de taurina es ocasionado por un aumento en la biotransformación del colesterol a ácidos biliares y la excreción de ácidos biliares. La conversión de colesterol a ácidos biliares juega un papel vital para la eliminación de colesterol, es uno de los principales factores que regulan la homeostasis del colesterol en el cuerpo. Hay dos vías en la biosíntesis de ácidos biliares, es uno la vía clásica (también conocido como neutro), que es la principal vía en la conversión de colesterol en ácidos biliares, y el otro es alternativo (también conocido como ácido o mitocondrial) (Chen *et al.*, 2012).

El 7 α colesterol hidroxilasa (CYP7A1) es una enzima limitante de la velocidad de la síntesis de colesterol en la vía clásica (Murakami *et al.*, 2002). El colesterol dietético puede actuar para aumentar o disminuir los niveles de CYP7A1 en ratones en función del tipo de grasa añadida a la dieta. Según Biddinger *et al.* (2005) determinó que los Hámsteres y ratones no son resistentes a colesterol proporcionado por la dieta y exhiben marcadas

elevaciones de colesterol en suero cuando las dietas se suplementan con colesterol, mientras que las ratas muestran un aumento muy pequeño en nivel de colesterol sérico cuando se administra colesterol. Estos estudios sugieren que existe una variación considerable entre los animales en función de sus respuestas al consumo del exceso de colesterol de la dieta. Los triglicéridos constituyen la mayor fuente de lípidos y consisten en tres moléculas de ácidos grasos esterificados por los tres grupos hidroxilo del glicerol. Una molécula de triglicérido puede estar compuesta por el mismo ácido graso, por dos ácidos grasos diferentes o por tres ácidos grasos diferentes. La digestión enzimática de estas biomoléculas es por lipasas, que en los peces se localizan por lo general, en la región del intestino proximal y ciegos pilóricos si están presentes (Rust, 2002).

El nivel de triglicéridos en este experimento presentó la misma tendencia que en los parámetros de colesterol, donde los peces de las dietas experimentales sin inclusión de taurina tendieron a disminuir los triglicéridos conforme aumentaba la inclusión de soya, sin embargo en las dietas con inclusión de taurina, el nivel de triglicéridos aumentó conforme aumentaba la inclusión de taurina (TAU-20% 637.00, TAU-40% 1070.98 y TAU-60% 1084.98 mg-dL⁻¹). Estos resultados concuerda con los descrito por Guglielmo *et al.* (2005) quien determinó que durante la concentración en la alimentación y la depositación de grasa en el intestino, la concentración de los triglicéridos aumentó a medida en que los lípidos fueron absorbidos en el intestino o sintetizados en el hígado.

De acuerdo a Gjellesvik *et al.* (1992) taurina puede interferir en el metabolismo de los lípidos en peces como se ha demostrado en otros animales, donde taurina exhibe efectos hipolipidémico, dicho efecto podría ser asociado con un aumento en la síntesis de ácidos biliares y su consiguiente activación de la lipasa activada por sales biliares. Sin embargo en los resultados del presente experimento no se presentaron efectos hipolipidémicos de taurina, posiblemente

asociados por las concentraciones de colesterol exógeno en las dietas experimentales.

Por otra parte, la concentración de taurina en plasma fue similar tanto con las dietas con inclusión y sin inclusión de taurina, sin embargo los resultados del presente experimento fueron bajos comparados con experimentos por Lunger *et al.* (2007) en la especie de juveniles de cobia (*Rachycentron canadum*) donde el nivel de taurina en plasma fue más alto en las dietas con suplementación de taurina con valores de 221.8 a 223.3 (nmol·mL⁻¹) y las dietas sin suplementación de 5.4 a 26.1 (nmol·mL⁻¹). Así como en el estudio de Takagi *et al.* (2006a) en jurel (*Seriola quinqueradiata*) al suplementar en sus dietas taurina, el nivel en plasma fue elevado en concentraciones de 190 a 395 (µg·mL⁻¹).

Yamamoto *et al.* (1998) reporta que la concentración de taurina en plasma disminuye al poco tiempo de la alimentación con dietas a base de taurina, la cual podría deberse a la conjugación de ácidos biliares con la taurina para la digestión de lípidos. La extracción de sangre se llevó a cabo en un periodo de ayuno de 12 horas, posiblemente los valores de taurina en plasma del presente experimento fue debido a que se encontraron por debajo de lo descrito para las especies antes mencionadas, posiblemente los cambios de reabsorción de taurina se dieron en un menor periodo, por lo que el tiempo dado a los organismos fue demasiado extenso, provocando que la concentración de taurina en plasma se encontrara en niveles basales sin presentar diferentes estadísticas en todos los tratamientos.

9.7. Actividad enzimática

La actividad enzimática de lipasas en ambos órganos fue mayor en las dietas suplementadas con taurina TAU-40% siendo 12.23 U/mg proteína soluble en intestino y 8.78 U/mg proteína soluble en ciegos pilóricos del pargo colorado. Observándose que tanto en intestino y ciegos pilóricos inclusiones de 20, 40,

60% de soya con taurina presentó mejor actividad enzimática, comparada con las dietas 20, 40, 60% de soya sin inclusión de taurina. Los resultados en actividad en lipasas fueron bastantes altos comparados con estudios previos en hepatopáncreas del besugo (Iijima *et al.*, 1998). Estos resultados concuerdan con lo determinado por Chatzifotis *et al.* (2008) en la especie de común dentex (*Dentex dentex*) donde las dietas que presentaron mayor actividad enzimática de lipasas en hígado fueron las dietas con inclusión de taurina (HP + taurina y HS25+ taurina) con una actividad de $0.01 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ de proteína, así mismo en sus resultados obtenidos en ciegos pilóricos presentaron mayor actividad de lipasas con las dietas con inclusión de taurina (HP+ taurina, HS25 + taurina, HS40 + taurina) con una actividad de lipasas de $0.01 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ de proteína.

Se ha establecido que la enzima lipasa requiere de la presencia de sales biliares para la digestión de lípidos (Lombardo *et al.*, 1980). En estudios reciente han determinado que taurina participa en la producción de sales biliares en los peces (Van Waarde, 1988) (mediante la estimulación de la actividad de colesterol 7 α -hidroxilasa, una enzima que interfiere en la biosíntesis de ácidos biliares (Nadhimi *et al.*, 2002). El ácido biliar conjugado es almacenado en la vesícula biliar, y finalmente liberado en el intestino. Los ácidos biliares tienen una función de agente tenso activó que solubiliza o emulsiona las grasas para que sean más accesibles para la absorción. La taurina es el único aminoácido conjugada con ácidos biliares para producir ácido taurocólico o tauroqueno desoxicólico que son los principales ácidos biliares en el hígado de casi todos los peces excepto ciprínidos (Kim *et al.*, 2007) por lo tanto los ácidos biliares conjugados con taurina son mejores emulsionantes de grasas que los ácidos biliares conjugados con glicina (Chesney *et al.*, 1998). Quizá por esta razón la actividad enzimática de lipasas tanto en intestino como en ciegos pilóricos es mayor en las dietas con inclusión de taurina comparadas con las dietas a las cuales no se les incluyó taurina; así mismo la dieta TAU-60% con la inclusión más alta en taurina no presentó mayor actividad comparadas con la dieta TAU-20% y TAU-40%, atribuyendo esta baja actividad a los altos

contenidos en proteína de soya en la dieta TAU-60%, es bien conocido que la soya contiene factores antinutritivos pudiendo estar presentes en esta dieta debido a su alta inclusión afectando la actividad de lipasas.

La actividad enzimática de lipasas puede conducir a una mayor disponibilidad de nutrientes, proporcionando de este modo una explicación a la mejora en crecimiento observadas en el presente experimento. Así mismo se determinó que el pargo colorado demostró dependencia al taurocolato de sodio para su actividad enzimática, facilitando la unión del sustrato al sitio activo de la lipasa, lo que provoca una mayor emulsión de las grasas, en otras palabras facilitando la hidrólisis de la grasas.

9.8. Evaluación económica

El menor costo unitario de alimentación (precio de la dieta y TCA) para el presente experimento se observó al utilizar una inclusión de soya al 41.9% de harina de soya. El costo del alimento disminuye conforme incrementa la inclusión de harina de soya, porque resultó ser más económica que la harina de pescado. Sin embargo el costo unitario de alimentación ($CUA = TCA \times \text{Costo por kg de alimento}$), está influenciado directamente por el rendimiento es decir por la tasa de conversión alimenticia, de tal modo, que el costo de alimento para producir un kilogramo de biomasa más bajo, fue el de la dieta TAU-40% (\$10.27 Kg) y el más alto fue el de la Control-0% con \$12.94 Kg, considerando que en esta dieta se incluyeron los precios de las harinas de calamar y harina de gluten de trigo, es por eso que su costo se eleva ligeramente. Inclusiones hasta 41.9% de HS, ofrece estabilidad económica para la producción de alimentos e independencia de la variabilidad del costo de la harina de pescado.

La tasa de beneficio económico (TBE) es un índice que puede estimar de una manera concisa la rentabilidad de la dieta, misma que es calculada considerando incremento de peso, tasa conversión alimenticia, relación del costo de la dieta y precio de venta de pescado. Se estableció que para

maximizar la TBE es necesario una inclusión de soya al 32.5%. Al comparar los resultados con estudios anteriores obtenido por Martínez-Llorens *et al.* (2007), reporto un 35% de sustitución de HS para lograr la máxima TBE en la especie de dorada (*Sparus aurata L.*).

X. CONCLUSIONES

- La dieta se con la cual se obtuvo el más alto crecimiento, TCA, CAI y los valores más altos de actividad enzimática de lipasas en pargo colorado fue la TAU 40%. Estos resultados permiten establecer que el pargo colorado incrementa su crecimiento al utilizar fuentes vegetales cuando se les incorpora en su dieta taurina, así mismo la inclusión de taurina que mejor resultados demostró para la especie de pargo colorado fue con un proporción de $13.4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, considerándose beneficioso e indispensable para el crecimiento.
- El pargo colorado toleró una inclusión de harina de soya hasta el 40% a inclusiones mayores de 60% afecta negativamente el crecimiento, consumo de alimento y parámetros hematológicos. Por lo que dietas con niveles mayores del 60% de harina soya suplementadas con taurina no favorecen el crecimiento ni la eficiencia del alimento.
- La inclusión de colesterol en las dietas experimentales no fue necesario para la especie de pargo colorado, ya que incremento los niveles de colesterol y triglicéridos, posiblemente porque taurina y colesterol formaron un antagonismo, lo cual conllevó a altas concentración de colesterol y triglicéridos en plasma.
- La mayor actividad enzimática de lipasas en intestino y ciegos pilóricos del pargo colorado se dio en la dita TAU-40% con inclusión de taurina de $13.4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, lo cual nos indica que inclusiones de taurina en fuentes vegetales propicia a un aumento en la digestión de lípidos, sin embargo al utilizar inclusiones de soya al 60% esto no sucede, posiblemente taurina suele ser opacado por factores anti nutricionales que impiden la digestión proteínica y su utilización.

- El menor costo unitario de alimentación las dietas en la especie de pargo se obtiene en con inclusiones de soya de 41.9%, considerando los factores de crecimiento y Tasa de conversión alimenticia. Así mismo para la obtención de mayores ganancias en el mercado se determinó que la TBE, según el modelo determinado por Martínez-Llorens *et al.* (2012) se da con inclusiones de soya hasta un 32.5%.

XI. RECOMENDACIONES

- Determinar la inclusión óptima de taurina en la especie pargo colorado.
- Determinación enzimática de cisteina-sulfinato decarboxilasa (CSD) y cisteamina dioxigenasa (CDA), enzimas encargadas de la síntesis de taurina.
- Caracterizar la expresión del transportador de taurina.
- Determinar la digestibilidad *in-vitro* y/o *in vivo* de las dietas con diferentes inclusiones de harina de soya en pargo.
- Evaluación de parámetros histológicos en el hígado e intestino de pargo colorado al utilizar dietas elaboradas con harina de soya suplementadas con taurina.
- Evaluar el estado hematológico y bioquímica sanguínea del pargo colorado al ser alimentado con dietas a base de harina de soya en sustitución parcial de harina de pescado suplementado con taurina, sin la adición de colesterol.

XII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Abdo de la Parra, I., Rodríguez-Ibarra, E., Campillo-Martínez, Velasco-Blanco, García-Aguilar, Álvarez-Lajonchère y Voltolina, D. 2010. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia larval del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Revista de Biología Marina y Oceanografía 45(1):141-146.
- Allen, R. G. y Talbot H. F. 1985. Indo-Pacific Fishes. Review of the snapper of the genus *Lutjanus* (Pisces: Lutjanidae) from the Indo-Pacific, with the description of a new species. Bishop Museum. Honolulu, Hawai. No 11, 87 p.
- Alvarez, G. C. 2003. Actividad enzimática digestiva y evaluación de dietas para el destete de larvas de la cabrilla arenera *paralabrax maculatofasciatus* (percoidei: serranidae). IPN, Tesis de doctorado, La paz, Baja California Sur, México, 2-180 p
- Alvarez-Lajonchere, L., Reina-Cañez, M.A., Camacho-Hernández, M.A. y Kraul, S. 2007. Design of a pilot-scale tropical marine finfish hatchery for a Research center at Mazatlán. Mexico. Aquacult. Ing., 36, 81–96.
- Amezcu-Linares, F. 2009. Peces demersales del Pacífico de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Primera Edición, Universidad Nacional Autónoma de México. 281 p.
- AOAC, 2011. Association Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 14 th ed. The association: Arlington, VA, 1141 pp.
- AOAC, 2011. Association Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 14 th ed. The association: Arlington, VA, 1141 pp

- Biddinger, S. B., Almind, K., Miyazaki, M., Kokkotou, E. 2005. Effects of diet and genetic background on sterol regulatory element-binding protein-1c, linebreak stearyl-CoA desaturase 1, and the development of the metabolic syndrome. *Diabetes* 54, 1314–1323.
- Benetti, D.D., J.A. Matera, O.M. Stevens, J.F. Alarcón, M.W. Feeley, F.J. Rotman,. Miremoto, G. Banner-Stevens, J. Fanke, S. Zimmerman y L. Eldridge. 2002. Growth, survival, and feed conversion rates of hatchery-reared mutton snapper *Lutjanus analis* cultured in floating net cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33 (3): 1-9
- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248–254.
- Brotos-Martinez, J., Chatzifotis, S., Divanach, P. yTakeuchi, T. 2004. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and feed selection of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fry fed with demand feeders. *Fish. Sci* 70, 74–79.
- Carr, W.E.S. 1982. Chemical stimulation of feeding behaviour. In: Hara, T.J. (Ed.), *Chemoreception in Fishes*. Elsevier, Amsterdam, pp. 259–273.
- Castillo-Vargasmachuca, S., J. T. Ponce-Palafox, E. Chávez Ortiz y J. L. Arredondo-Figueroa.2007. Effect of the initial stocking body weight on growth of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) in marine floating cages. *Biología Marina y Oceanografía*, 42(3): 261-267.
- Catacutan, M.R., Pagador, G.E. y Teshima, S. 2001. Effects of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Aquaculture Research*, 32: 811-818.
- CONAPESCA, 2009. Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2007. Edición 2007. 223 p.

- Cowey, C.B. y Lequet, J.R. 1983. Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical analysis of allowances. In: M. Arnal, R. Pion and D. Bonin (Eds.), Protein Metabolism and Nutrition. I NRA, Paris: 1: 365–385.
- Chatzifotis, S., Polemitou, I., Divanach, P. y Antonopoulou, E. 2008. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and bile salt activated lipase activity of common dentex, *Dentex dentex*, fed a fish meal/soy protein concentrate-based diet. *Aquaculture* 275 (2008) 201–208.
- Chesney, R.W., Helms, R.A., Christensen, M., Budreau, A.M., Han, X., Sturman, J. A. 1998. The role of taurine in infant nutrition. *Adv. Exp. Med. Biol.* 442, 463–476
- Chen,W., Suruga, K., Nishimura, N., Gouda, T., Lam, V.N. y Yokogoshi, H., 2005. Comparative regulation of major enzymes in the bile acid biosynthesis pathway by cholesterol, cholate and taurine in mice and rats. *Life Sciences* 77, 746–757
- Chen, W., Guo, Y. y Chang, P. 2012. The effect of taurine on cholesterol metabolism. *Mol. Nutr. Food Res.* 2012, 56, 681–690
- Cheng, Z. J., R. W. Hardy. y M. Blair. 2003. Effects of supplementing methionine hydroxyl analogue in soybean meal diets and distiller's dried grain-based diets on the performance and nutrient retention of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research* 34:1303–1310.
- Cheng, Z.J., Hardy, R. W. 2004. Protein and lipid sources affect cholesterol concentrations of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Journal of Animal Science* 82, 1136–1145.
- Clifford, H. C. 1992. Marine shrimp pond management: a review. In: Wyban, J. (Ed.), *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. World Aquaculture Society, 111-137

- Davis, D.A., Jirsa, D., Arnold, C.R. 1995. Evaluation of soybean proteins as replacements for menhaden fish meal in practical diets for red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Journal of the World Aquaculture Society* 26, 48–58.
- Deng, J.M., Mai, K.S., Ai, Q.H., Zhang, W.B., Wang, X.J., Tan, B.P., Xu, W., LiuFu, Z.G. y Ma, H.M. 2010. Interactive effects of dietary cholesterol and protein sources on growth performance and cholesterol metabolism of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Nutrition* 16, 419–429.
- Del Rio-Zaragoza, O. B., Fajer-Ávila, E. J., Almazán-Rueda, P., Abdo de la Parra, M. I. 2011. Hematological characteristics of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) healthy and naturally infected by dactylogyrid monogeneans. *Tissue and Cell* 43, 137-142
- Díaz-Urbe, J. G., E. A. Chávez y J. F. Elorduy-Garay. 2004. Evaluación de la pesquería de huachinango (*Lutjanus peru*) en el suroeste del golfo de California. *Ciencias Marinas* 30(4):561-574.
- Espino-Barr, E. 2000. Criterios biológicos para la administración de la pesca multiespecífica artesanal en la costa de Colima, México. Tesis de doctorado en ciencias pecuarias. Posgrado interinstitucional en ciencias pecuarias, Universidad de Colima, México. 162 p
- Eilertsen, K., Larsen, R., Mæhre, H., Jensen, I. y Elvevoll, E. 2012. Anticholesterolemic and Antiatherogenic Effects of Taurine Supplementation is Model Dependent. [//dx.doi.org/10.5772/47865](https://doi.org/10.5772/47865)
- FAO, 2006. State of World Aquaculture 2006. p 134 *En*: FAO, 2007. Cage aquaculture. Regional reviews and global overview, Rome, 241 pp.
- FAO, 2010. Conferencia mundial de acuicultura; Cultivando las aguas para las personas y la alimentación. FAO Fisheries and aquaculture technical 500/

- Feedstuffs, 2013. Grain and ingredient cash market comparisons. *Feedstuffs* 85:8, 27.
- Gaylord, T., Teague, A. y Barrows, F. 2006. Taurine Supplementation of All-plant Protein Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 37, No. 4, 510-517.
- Gaylord, T., Barrows, F., Teague, A., Johansen, K., Overturf, K. y Shepherd, B. 2007. Supplementation of taurine and methionine to all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 269: 514-524.
- Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G.S., Krogdahl, A., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R. y Wurtele, E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research* 38, 551–579.
- Guerrero-Tortolero, D. A. 1997. Efecto de la densidad de siembra de juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) cultivado en jaulas. Tesis de maestría en ciencias. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. Méx. 97 p.
- Guglielmo, C.G., D.J. Cerasale y C. Eldermire. 2005. A field validation of plasma metabolite profiling to measure refueling performance of migratory birds. *Physiological and Biochemical Zoology* 78:116-125.
- Gjellesvik, DR., Lombardo, D. y Walther, B.T. 1992. Pancreatic bile salt dependent lipase from cod (*Gadus morhua*): purification and properties. *Biochim Biophys Acta* 1124:123–134.
- Goto, T., Takagi, S., Ichiki, T., Sakai, T., Endo, M., Yoshida, T., Ukawa, M. y Murata, H. 2001. Studies on the green liver in cultured red sea bream fed low level and non-fish meal diets. Relationship between hepatic taurine and biliverdin levels. *Fish. Sci.* 67: 58-63 pp.

- Goto, T., Matsumoto, T., Murakami, S., Takagi, S y Hasumi, F. 2003. Conversion of cysteate into taurine in liver of fish. *Fisheries science* 69: 216-218.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. y Métailler, R. 2004. *Nutrición y alimentación de peces y crustáceos*. INRA, Madrid.
- Halver, J. E. y Hardy, R. W. 2002. *Fish nutrition*, 3rd edition. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Hardy, R.W. 1995. Current issues in salmonid nutrition. *Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture*, (Ed. por Lim, C. y Sessa, D.J.), AOAC Press, Champaign, USA, 26-35 pp.
- Hernandez, C., Sánchez-Gutiérrez, Y., Hardy, W., Benítez-Hernández, A., Domínguez-Jiménez, P., González-Rodríguez, B., Osuna-Osuna, L. y Tortoledo, O. 2013. The potential of pet-grade poultry by-product meal to replace fish meal in the diet of the juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). doi: 10.1111/anu.12110
- Hosoi, M., Shinzato, C., Takagi, M., Hosoi-Tanabe, S., Sawada, H., Terasawa, E. y Toyohara, H. 2007. Taurine transporter from the giant pacific oyster *Crassostrea gigas*: function and expression in response to hyper and hypo-osmotic stress. *Fisheries science*, 73: 385-394
- Huxtable RJ. 1992. Physiological actions of taurine. *Physiol Rev* ;72(1):101– 63.
- Ijima, N., Tanaka, S., Ota, Y. 1998. Purification and characterization of bile salt-activated lipase from the hepatopancreas of red sea bream, *Pagrus major*. *Fish Physiol. Biochem.* 18, 59–69.
- Jover-Cerdá, M. 2000. Estimación del Crecimiento, Tasa de Alimentación y Producción de Desechos en Piscicultura mediante un Modelo Bioenergético. *Revista AquaTIC*, No 9, Marzo 2000. [Disponible el 05/06/2011 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=82>].

- Keembiyehetty, C.N. y Gatlin, D.M. III 1992. Dietary lysine requirement of juvenile hybrid striped bass (*Morone chrysops*, *M. saxatilis*). *Aquaculture*, 104, 271–277.
- Kim, SK., Takeuchi, T., Yokoyama, M. y Murata, Y. 2003 Effect of dietary supplementation with taurine, b-alanine, and GABA on the growth of juvenile and fingerling Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Sci* 69: 242–248.
- Kim, S., Takeuchi, T., Yokoyama, M., Murata, Y., Kaneniwa, M. y Sakakura, Y. 2005. Effect of dietary taurine levels on growth and feeding behavior of juvenile Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 250: 765-774.
- Lacera, R. 2004. Metabolic and feeding Taurine and L.Carnitine's. *Rev. Intropica*. Colombia , ISSN 1794-16X, 105-120.
- Lehninger, A.L. 1984. *Bioquímica*. 2ª ed. Omega. Barcelona, España. 1198 pp
- Li, P., Mai, K., Trushenski, J. y Wu, G. 2008. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. Review article, *Springer-Verlag*, 10: 008-017.
- Liener, I. E. 1979. Protease inhibitors and lectins. *International Review of Biochemistry, Biochemistry of Nutrition IA* 27, 97-122.
- Lim, C., Klesius, P.H. y Dominy, W. 1998. Soybean products. *International Aqua Feeds* 3:17-23.
- Lombardo, D., Fauvel, J., Guy, O. 1980. Studies on the substrate specificity of a carboxyl ester hydrolase from human pancreatic juice. I. Action on carboxyl esters, glycerides and phospholipids. *Biochim. Biophys Acta* 611, 136–146.
- Lou Z., Liu Y., Maik K., Tian L., Yang H., Tan X. y Liu D. 2005. Dietary l-methionina requeriment of juvenile grouper *Epinephelus coioides* at a constant dietary cystine level. *Aquaculture* 249: 409-418.

- Lunger, A., McLean, E., Gaylord, G., Kuhn, D. y Craig, R. 2007. Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 27:401-410.
- Mai K., Wan J., Ai Q., Xu W., Liufu Z., Zhang L., Zhang C. y Li H. 2006. Dietary methionine requirement of large yellow croaker. *Aquaculture* 253: 564-572.
- Martínez-Andrade, F. 2003. A comparison of life histories and ecological aspects among snappers (Pisces: *Lutjanidae*). Thesis Doctor of Philosophy in The Department of Oceanography and Coastal Sciences. Faculty of the Louisiana State University. 201 p.
- Martinez, J. B., Chatzifotis, S., Divanach, P. y Takeuchi, T. 2004. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and feed selection of sea bass *Dicentrarchus labrax* fry with demand-feeders. *Fish. Sci.* 70:74-79.
- Martínez-Llorens S., Moñino A.V., Tomás A., Moya V.J., Pla M. y Jover M. 2007. Soybean meal as a protein source in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) diets: effects on growth and nutrient utilization. *Aquaculture Research* 38, 82–90.
- Martínez-Llorens., Tomas, V. y Jover, C. 2012 .A new tool for determining the optimum fish meal and vegetable meals in diets for maximizing the economic profitability of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) feeding *Aquaculture Research*, 2012, 43, 1697–1709
- Matsunari, H., Takeuchi, T., Takahashi, M., y Mushiake, K. 2005. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance of yellowtail juveniles *Seriola quinqueradiata*. *Fish. Sci.* 71:1131-1135

- Meilahn, C.W., Davis, D.A. y Arnold, C.R. 1996. Effects of commercial fish meal analog and menhaden fish meal on growth of red drum fed isonitrogenous diets. *Progressive Fish-Culturist* 58, 111–116.
- Messina, M., Piccolo, G., Tulli, F., Messina, C., Cardinaletti, G. y Tibaldi, E. 2013. Lipid composition and metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed diets containing wheat gluten and legume meals as substitutes for fish meal . *Aquaculture* 376-379
- Molnár G, Tamassy E. 1970. Study of the Haemoglobin Content of a Single Erythrocyte (M index) in Various Cultured Fish Species. *J Fish Biol*; 2:267-171.
- Murakami, S., Kondo, Y., Toda, Y., Kitajima, H., Kameo, K., Sakono, M. y Nobuhiro Fukuda, N. 2002. Effect of taurine on cholesterol metabolism in hamsters: up-regulation of low density lipoprotein (LDL) receptor by taurine. *Life Sciences* 70, 2355–2366.
- Nadhimi, A., Balakrishnan, S.D., y Anuradha, C.V. 2002. Taurine improves lipid profile in rats fed a high fructose-diet. *Nutr. Res.* 22, 343–354.
- Newman, S. J. y I. J. Dunk. 2002. Growth, age validation, mortality, and other population characteristics of the red emperor snapper, *Lutjanus sebae* (Cuvier, 1828), off the Kimberley Coast of North-Western Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 67-80.
- NRC (National Research Council). 2011. *Nutrient Requirements of Fish*. Washington, DC: National Academy Press.
- Rojas, M. J. R. 1997. Dieta del “pargo colorado” *Lutjanus colorado* (Pisces: *Lutjanidae*) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Biol. Trop.*, 45(3):1173-11
- Rojas-Herrera, A. 2001. Aspectos de dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (pisces:Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México.

Tesis de doctorado. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia.
Universidad de Colima. 194 p.

- Rossi, W. y Davis, A. 2012. Replacement of fishmeal with poultry by-product meal in the diet of florida pompano *Trachinotus carolinus* L. *Aquaculture* 338–341
- Russell, D. W. 2003. The enzymes, regulation, and genetics of bile acid synthesis.
- Rust, M. B. 2002. Nutritional Physiology In: *Fish Nutrition*, third edition. (Halver, J. E., Ed.). San Diego. Academic Press. 407 pp.
- Park, G.S., Takeuchi, T., Seikai, T. y Yokoyama, M. 2001. The effects of dietary taurine on growth and taurine levels in whole body of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 67, 238– 243
- Park, G., Takeuchi, T., Yokoyama, M. y Seikai, T. 2002. Optimal dietary taurine level for growth of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries science* 68: 824-829.
- Pérez, C. A. 2011. Crecimiento y supervivencia de *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882) en jaulas flotantes a dos densidades de siembra. Tesis de maestría, UNAM, Sinaloa, México 84 pp.
- Pinto, W., Figueira, L., Ribeiro, L., Yúfera, M., Dinis, M. y Aragão. 2010. Dietary taurine supplementation enhances metamorphosis and growth potential of *Solea senegalensis* larvae. *Aquaculture* 309, 159–164
- Pointillart, A. 1994. Phytates, Phytases: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *INRA Prod. Anim.* 7 (1): 29-39
- Sakaguchi M, Murata M. 1988. Taurine. In: Sakaguchi M (ed). *Extractive Components of Fish and Shellfish*. Kouseisha- Kouseikaku, Tokyo. 56–65 (in Japanese).
- Silva-Carrillo, Y., Hernández, C., Hardy, R. W., González-Rodríguez, B., Castillo-Vargasmachuca, S. 2012. The effect of substituting fish meal with

- soybean meal on growth, feed efficiency, body composition and blood chemistry in juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). *Aquaculture* 364–365, 180-185.
- Smith, L. S. 1989. Nutritional Physiology In: *Fish Nutrition*, second edition. (Halver, J. E., Ed.). San Diego. Academic Press 406-411.
- Smith, L. S. 1989. Nutritional Physiology In: *Fish Nutrition*, second edition. (Halver, J. E., Ed.). San Diego. Academic Press 406-411.
- Storebakken, T., Refstie, S., y Ruyter, B. 2000. Soybean products as fat and protein sources in fish feed for intensive aquaculture. *Soybean in Animal Nutrition* (ed. by Drackley, J.K), Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, IL, USA, 127-170.
- Stuart, A., Ord, K. y Arnold, S. 1999. *Kendals Advanced theory of statistics 2ª*. London: Arnold, a member of the Hodder Headline Group 25, 37-25.
- Swick, R.A. 2002. Soybean meal quality: assessing the characteristics of a major aquatic feed ingredient. *Global Aquaculture Advocate* 5: 46-49.
- Tacon, J.A. 1989. *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación*. 1989. GCP/RLA/102/ITA proyecto Aquila II. Documento de campo No. 4. FAO-Italia, 572 p.
- Takagi, S., Murata, H., Goto, T., Hayashi, M., Hatate, H., Endo, M., Yamashita, H. y Ukawa, M. 2006a. Hemolytic suppression roles of taurine in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fishmeal diet based on soybean protein. *Fisheries Science* , 72: 546 – 555.
- Takagi, S., Murata, H., Goto, T., Ichiki, T., Endo, M., Hatate, H., Yoshida, S., Yamashita, H. y Ukawa, M. 2006b. Efficacy of taurine supplementation for preventing green liver syndrome and improving growth performance in yearling red sea bream *Pagrus major* fed low-fishmeal diet. *Fisheries science*, 72: 1191–1199p

- Takagi, S., Murata, H., Goto, T., Hatate, H., Endo, M., Yamashita, H., Miyakate, H. y Ukawa, M. 2011. Role of taurine deficiency in inducing green liver symptom and effect of dietary taurine supplementation in improving growth in juvenile red sea bream *Pagrus major* fed non-fishmeal diet based on soy protein concentrate. *Fish Sci* 77:235–244.
- Takeuchi, T. 2001. A review of feed development for early life stages of marine finfish in Japan. *Aquaculture* 200:203–222.
- Takeuchi T, Park GS, Seikai T. y Yokoyama M. 2001 Taurine content in Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and red sea bream *Pagrus major* during the period of seed production. *Aquaculture Res.* 32: 244–248.
- Thurston, J.H., Hauhart, R.E., Dirgo, J.A., 1980. Taurine: a role in osmotic regulation of mammalian brain and possible clinical significances. *Life Sciences* 26, 1561–1568.
- Van Waarde, A. 1988. Biochemistry of non-protein nitrogenous compounds in fish including the use of amino acids for anaerobic energy production. *Comp. Biochem. Physiol.* 91B, 207–228
- Vázquez-Ortiz, F., Caire, G., Higuera-Ciapara, I., Hernández, G. 1995. High performance liquid chromatographic determination of free amino acids in shrimp. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 18, 2059-2068.
- Villa-López, A. 2005. Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos en el crecimiento y sobrevivencia del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steomdachner, 1896) (Pisces: Lutjanidae). Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México, 61pp.
- Wright, C.E., Tallan, H.H., Lin, Y.Y.1986. Taurine:biological update. *Annual Review of Biochemistry* 55, 427–453.

- Wintrobe M. M. 1934. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. *Folia hematológica*, 51:32-49.
- Yamamoto, T., Akimoto, A., Kishi, S., Unuma, T., Akiyama, T. 1998. Apparent and true availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling rainbow trout, common carp, and red sea bream. *Fisheries Science* 64, 448–458.
- Yokoyama, M., Takeuchi, T., Park, G. y Nakazoe, J. 2001. Hepatic cysteine sulphinate decarboxylase activities in fish. *Aquaculture Res.* 32: 216-220.
- Yun, B., Ai, Q., Mai, K, Xu, W., Qi, Q. y Luo, Y. 2012. Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. *Aquaculture* 324–325
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis* 3rd edn. Prentice Hall, New Jersey
- Zhou, Q. C., Mai, K. S., Tan, B. P., Liu, Y. J. (2005). Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture Nutrition* 11, 175-182.