



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR,
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



Crecimiento compensatorio de juveniles de Huayaípe, *Seriola rivoliana* (Valenciennes, 1833) en relación al periodo de inanición y re-alimentación.

Autores

**Kelvin Chilán Piguave
Alexandra Suárez Mantuano**

Instituto Tecnológico Superior Luis Arboleda Martínez

Carrera Tecnológica Superior en Acuicultura

Jaramijó – Ecuador

2018



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR,
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



Crecimiento compensatorio de juveniles de Huayaibe, *Seriola rivoliana* (Valenciennes, 1833) en relación al periodo de inanición y re-alimentación.

Tesis de Grado

**Previo a la obtención del título de
Tecnólogo Superior en Acuicultura**

Autores

**Kelvin Antonio Chilán Piguave
Alexandra Monserrate Suárez Mantuano**

Director

Dr. Wilfrido Argüello Guevara

Co-Director

Blgo. César Estay Moyano

Instituto Tecnológico Superior Luis Arboleda Martínez

Carrera Tecnológica Superior en Acuicultura

Jaramijó – Ecuador

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y DE TITULACIÓN

Tesis de grado sometida a consideración del tribunal de revisión y sustentación, como requisito previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Acuicultura.

TEMA: “Crecimiento compensatorio de juveniles de huayaipe, *Seriola rivoliana* (Valenciennes, 1833) en relación al periodo de inanición y re-alimentación”.

Realizada por:

Kelvin Antonio Chilán Piguave

Alexandra Monserrate Suárez Mantuano

Miembro del tribunal

Miembro del tribunal

Miembro del tribunal

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Wilfrido Argüello-Guevara, Ph.D.

Director de Tesis

Certifica: Que el trabajo de intervención titulado:

“Crecimiento compensatorio de juveniles de huayaibe, *Seriola rivoliana* (Valenciennes, 1833), en relación al periodo de inanición y re-alimentación.”, de los señores: Kelvin Antonio Chilán Piguave con C.C. 1312337494 y Alexandra Monserrate Suárez Mantuano con C.C. 1311467946, egresados de la carrera de Tecnología Superior en Acuicultura ha sido realizado, revisado, corregido y aprobado bajo mi dirección, cumpliendo con las disposiciones reglamentarias del Instituto Tecnológico Superior “Luis Arboleda Martínez”.

Manta, 07 de Noviembre de 2018

Wilfrido Argüello-Guevara, Ph.D.

C.C. 0917629925

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Kelvin Antonio Chilán Piguave con C.C. 1312337494 y Alexandra Monserrate Suárez Mantuano con C.C. 1311467946, egresados de la carrera de Tecnología Superior en Acuicultura, aceptamos que los derechos de autoría y las publicaciones serán compartidos, la autoría le corresponde a nuestra persona y la titularidad al Instituto Tecnológico Superior “Luis Arboleda Martínez”, de acuerdo a lo que dispone la Ley de Propiedad Intelectual.

Manta, 07 de Noviembre de 2018.

Atentamente.

Kelvin Antonio Chilán Piguave

Autor

Alexandra Monserrate Suárez Mantuano

Autora

AUTORÍA

Kelvin Antonio Chilán Piguave con C.C. 1312337494 y Alexandra Monserrate Suárez Mantuano con C.C. 1311467946, somos los responsables de las ideas, doctrinas (enseñanzas) y resultados expuestos en esta Tesis de grado, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen al Instituto Tecnológico Superior “Luis Arboleda Martínez”.

Kelvin Antonio Chilán Piguave

Autor

Alexandra Monserrate Suárez Mantuano

Autora

DEDICATORIA

A Dios.

Porque sin él no sería posible lograr nuestras metas, porque él es nuestra guía, nuestra luz en medio de las tinieblas, por la sabiduría que proviene de él, la cual nos ha permitido llegar a cumplir con este objetivo

A nuestros padres:

Luis Chilán y Bella Piguave

Magdalena Mantuano y Kennedy Macías

A mi esposa:

Dayanara Macías

A nuestros hermanos:

Nexar Chilán

Andrea Macías

A nuestros hijos:

Maite Chilán

Mariangel y Alexa Loor

Porque han sido el apoyo incondicional para haber concluido este proceso de nuestras vidas, por estar con nosotros en los momentos de dificultades, por compartir nuestros logros, y metas propuestas.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior “Luis Arboleda Martínez” (ITSLAM), por habernos formado como tecnólogos y brindarnos sus instalaciones para haber hecho posible que la fase experimental de nuestra tesis se llevara a cabo.

Al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), por haber confiado en nosotros y darnos la oportunidad de ser tesistas de tan prestigioso centro; por toda la ayuda brindada para hacer posible esta investigación.

A la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), por haber financiado nuestra tesis a través del proyecto PCI-CENAIM-002.

A nuestro director de tesis Ph.D Wilfrido Arguello, por permitirnos trabajar con él y conocer su gran personalidad y entrega, sin que la distancia sea una barrera para impartir sus conocimientos, ayuda incondicional y motivación.

A nuestro co-director Blgo. César Estay por ser nuestro guía y apoyo durante la fase experimental.

Al Dr. José Alió que siempre nos ha brindado su apoyo incondicional, para la formación como tecnólogos.

A los docentes que siempre han contribuido en nuestra formación, quienes nos han brindado su apoyo cuando lo hemos necesitado.

Al área de peces en CENAIM, especialmente a Sandra Rodríguez que siempre estuvo pendiente en los procesos de la fase práctica y por su valiosa amistad.

A aquellos estudiantes del ITSLAM que también colaboraron en la fase experimental de nuestra tesis.

A nuestros familiares, amigos y conocidos que de una u otra forma colaboraron, para que este proyecto de investigación se llevara a cabo, porque en los momentos difíciles nos brindaron motivación para continuar en la lucha y lograr una de tantas metas que hoy se ha cumplido.

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y DE TITULACIÓN	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
AUTORÍA.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
Formulación del Problema	1
Resumen	2
Abstract.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Objetivos	6
1.1.1 General	6
1.1.2. Objetivos específicos	6
1.3. Delimitación del estudio.....	7
2.MARCO DE REFERENCIA	8
2.1 Característica de la especie <i>S. rivoliana</i>.....	8
2.2. Crecimiento en cautiverio.....	8
3. HIPÓTESIS	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
4.1 Origen de los animales	11
4.2 Diseño Experimental	11
4.3. Protocolo de manejo.....	12
4.4. Biometría y colección de muestras.....	13
4.5. Cálculos y análisis estadístico.....	14
5. RESULTADOS.....	16
5.1. Crecimiento, supervivencia y composición corporal.....	16
5.2. Micromorfología del intestino medio.....	18
5.3. Calidad de Agua	18
5.4. Parásitos	19
6. DISCUSIÓN.....	20

7. CONCLUSIONES	25
8. RECOMENDACIONES	26
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
10. ANEXOS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Microfotografías del intestino medio del del huayaípe, *S. rivoliana*, cultivado bajo diferentes regímenes de alimentación. A) alimentación continua; B) Inanición corta y C) Inanición larga. Altura de enterositos(HE) y microvellosidad 19
- Figura 2.** Valores (media \pm desviación estándar) de la cantidad de ectoparásitos *Neobenedenia girellae* observados en ejemplares de *S. rivoliana* en los diferentes regímenes alimenticios en D45 y D85..... 20
- Figura 3.** Valores (media \pm desviación estándar) de la cantidad de ectoparásitos *Neobenedenia girellae* observados en ejemplares de *S. rivoliana* en los diferentes regímenes alimenticios en D45 y D85..... 20
- Figura 4.** Desparasitación externa de los huayaípes en baldes de 18 32
- Figura 5.** Peces de tanque rectangular esperando la hora de alimentación. 32
- Figura 6.** Recolección de alimento no consumido y regurgitado. 32
- Figura 7.** Extracción de arena salada de la playa Balsamaragua ubicada en Jaramijó. . 32
- Figura 8.** Limpieza y preparación de tanque previa a la llegada de los huayaípes “*S. rivoliana*” 32
- Figura 9.** Acoplamiento de tanque en la cama de arena improvisada. 33
- Figura 10.** Aclimatación de peces *S. rivoliana* en tanque circular de 5 t. 33

Figura 11. Estudiantes de la carrera de Acuicultura colaborando en el recibimiento de los juveniles *S. rivoliana*..... 33

Figura 12. Limpieza y desinfección de las mangueras y tubos utilizados en la experimentación..... 33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición (%) de los macronutrientes del alimento balanceado utilizado en los ensayos.....	12
Tabla 2. Valores (media \pm desviación estándar) de los parámetros de crecimiento obtenidos de los juveniles de <i>S. rivoliana</i> cultivados bajo diferentes regímenes de alimentación.....	16
Tabla 3. Valores (media \pm desviación estándar) de la Tasa de conversión alimenticia (TCA), Eficiencia alimenticia (EA), Consumo de alimento diario (CAD), Consumo de alimento total (CAT) de los juveniles de <i>S. rivoliana</i> cultivados bajo diferentes regímenes	17
Tabla 4. Valores (media \pm desviación estándar) de la composición de proteína y grasa totales corporales, IVS, IHS y filete de los juveniles de <i>S. rivoliana</i> cultivados bajo diferentes regímenes de alimentación.....	17
Tabla 5. Valores (media \pm desviación estándar) de la micromorfología del intestino medio de juveniles de huayaípe, <i>S. rivoliana</i> cultivado bajo diferentes regímenes de alimentación.....	18
Tabla 6. Valores (media \pm desviación estándar) de calidad de agua. Letras diferentes en la misma fila (hasta línea de subdivisión) muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).	18

Formulación del Problema

Los peces en estado natural suelen pasar por periodos de inanición debido a ciertos factores como migración, reproducción, escasa disponibilidad de alimentos en su medio, entre otros. Por lo tanto, en condiciones de cultivo se ha experimentado que ciertos peces al ser sometidos a periodos de inanición y posterior alimentación tienden a un rápido ajuste metabólico logrando, en algunos casos, recuperar el peso perdido. Este proceso es conocido como crecimiento compensatorio, el mismo que se define como la capacidad de un organismo para crecer rápidamente después de haber experimentado un periodo de crecimiento reducido en cuanto se restablecen las condiciones normales de alimentación. Mientras tanto, la respuesta a un crecimiento compensatorio dentro de un sistema de cultivo depende mucho del peso, edad, la especie en cultivo, y del tiempo de inanición o privación del alimento. En un estudio previo en CENAIM, se observó que la especie *S. rivoliana* comúnmente conocida como huayaípe presenta un crecimiento compensatorio parcial en relación a cortos periodos de inanición de 48 h (alimentación día por medio) frente a la alimentación diaria, ambas en dos raciones de alimento. Así mismo, se observó un evento de hiperfagia en los animales sometidos a inanición. Sin embargo, no existe información sobre periodos de inanición seguidos por periodos de re-alimentación en huayaípe, lo que permita alcanzar un crecimiento compensatorio total que permita reducir los costos de operación, alimentación y que no afecte la salud del animal y la calidad del agua de cultivo. El huayaípe *S. rivoliana* es un pez nativo del Ecuador. En estado silvestre puede alimentarse de pequeños peces, cefalópodos y crustáceos, y su carne contiene altos porcentajes de ácidos grasos ricos en omega-3. Su alto valor en el mercado internacional, rápido crecimiento y su gran adaptación en cautiverio, la convierten en una especie potencial para la diversificación de la acuicultura.

Resumen

El presente estudio evaluó el efecto de periodos cortos de restricción de alimento (3 días) y largos (7 días) seguido por un periodo de realimentación por 7 días, y de la forma del tanque (circular o rectangular) sobre el crecimiento compensatorio de juveniles de huayaibe *S. rivoliana* durante 85 días. Cada tratamiento fue evaluado por duplicado. Los peces tuvieron un peso inicial entre 257 y 264 g, sin que sean diferentes estadísticamente. No se registraron diferencias estadísticas en las variables medidas por efecto del tipo del tanque. La inanición de 3 y 7 días indujo significantes ($P < 0,05$) diferencias en términos de rendimiento productivo comparados con los peces que fueron alimentados diariamente, indicando la ausencia de crecimiento compensatorio. Durante el periodo de realimentación, se observó hiperfagia como respuesta a la inanición. No existen evidencias de que los periodos de alimentación evaluados en este estudio provoquen efectos negativos en la calidad del agua o estimulen la presencia del ectoparásito *Neobenedenia girellae*. La grasa corporal total de los peces sometidos a inanición, fue utilizada para la protección del metabolismo basal y supervivencia.

Abstract

This study assessed the effect of short (3 days) and long (7 days) feed deprivation periods, followed by a refeeding period (7 days), and tank shape (circular or rectangular) on compensatory growth response of longfin yellowtail juveniles, *S. rivoliana*. Experiments lasted 85 days. Each feeding protocol was tested in duplicate groups of fish with an initial body weight ranging between 257 and 264 g (without initial significant differences). No significant differences were found by effect of tank shape. Starvation for three or seven days induced significant ($P < 0,05$) differences on yield comparatively to the continuously fed fish, indicating the absence of compensatory growth. During the subsequent refeeding period, a hyperphagia was observed as response of starvation. No evidences were registered in order to establish relationship between water quality or increasing number of parasites *Neobenedenia girellae* and feeding protocols evaluated here. Total body fat of fish under starvation was addressed for the protection of basal metabolism and survival during starvation.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población mundial (9,7 millones de habitantes para el 2030) ha sido un tema de preocupación de los gobiernos que aún desconocen los mecanismos o estrategias que deben ser ejecutados para mitigar las necesidades alimenticias de dicha población, o si los rendimientos provenientes de la agricultura y ganadería serán suficientes en términos de nutrición, producción y costo-eficiencia (FAO, 2018). De las ramas de producción de alimentos para beneficio humano, la acuicultura se presenta como una de las alternativas viables y con mayor tasa de crecimiento para la producción de alimentos de origen continental y marino. Así mismo, la acuicultura contribuye con fuentes de empleo directas e indirectas a través de las producciones e investigaciones que validan ciclos en cautiverio, proyectando nuevas potenciales especies cultivables y la preservación del medio acuático que se ha visto afectado a causa de la contaminación y la sobreextracción de recursos del medio natural. Por otro lado, la acuicultura promueve el desarrollo sustentable de los recursos, pudiendo contribuir no sólo con la obtención de proteína animal de alta calidad, sino con la recuperación de ambientes naturales, donde las pesquerías han disminuido los recursos acuáticos (Felix-Pico *et al.*, 1997).

El éxito de la producción de peces por acuicultura depende de un variado número de factores bióticos y abióticos que determinan las relaciones entre los sistemas de cultivo y el alcance de la producción. Una de las claves de la rentabilidad de un cultivo acuícola es conocer las necesidades nutritivas y energéticas de la especie y por otro lado, el establecimiento de sistemas de manejo para la evaluación económica de los protocolos de alimentación (Egea-Nicolás *et al.*, 2002; Jiwyam, 2010). En acuicultura, diversas estrategias de privación de alimento han sido utilizadas para determinar regímenes de alimentación que incrementen las tasas de crecimiento y la eficiencia alimenticia, así como para reducir los costos de producción y problemas con la calidad del agua de cultivo (Mozanzadeh *et al.*, 2017; Morshedi *et al.*, 2017). En el medio natural, muchas especies de peces pueden estar sometidas a la ausencia de alimento (*i.e.* inanición natural) debido a diversas situaciones de tipo estacional, climáticas, por competencia alimentaria inter-específica, migraciones reproductivas o del ciclo de vida (Yengkokpam *et al.*, 2013). Cuando el suministro del alimento es reanudado después de su restricción, los peces

muestran un inusual crecimiento acelerado, el cual es descrito como crecimiento compensatorio (Jiwyam, 2010). La práctica de restringir el alimento en la industria acuícola, ha sido utilizada en varias especies acuícolas comerciales. La ausencia o existencia de crecimiento compensatorio parcial, completo o sobre-compensación, en un número restringido de especies de peces en relación a la acuicultura (especialmente por privación de alimento), ha sido resumido en el trabajo de Ali *et al.* (2003).

Otra implicación práctica de la restricción del alimento en la acuicultura, es el efecto en la salud de los peces, debido a que la privación de alimento incrementa el estrés (Shah *et al.*, 2017) y la susceptibilidad a enfermedades (Li *et al.*, 2014). Además, la sobre-alimentación puede causar el deterioro de la calidad del agua y eventualmente reducir el crecimiento de los peces (Okorie *et al.*, 2013). A pesar de que los peces en cautiverio, aparentemente toleran periodos de inanición, el crecimiento puede verse afectado debido al estrés causado por los cambios en el comportamiento de los peces generados por la utilización de nutrientes de reserva para mantener las funciones vitales (Yengkokpam *et al.*, 2013). Por otro lado, varios parásitos oportunistas pueden aparecer en peces estresados durante condiciones de crecimiento adversas (Paperna, 1991).

El huayaipe, *S. rivoliana* (Valenciennes 1833) pertenece a la familia Carangidae y está ampliamente distribuido en aguas tropicales del mundo. Ha sido identificado como un excelente candidato para la acuicultura intensiva, debido a su adaptabilidad en cautiverio, rápido crecimiento, calidad del filete y alto valor en el mercado (Roo *et al.*, 2014; Kissinger *et al.*, 2016). Los primeros intentos para desarrollar técnicas de cultivo de huayaipe fueron realizadas en Ecuador en los años 90 por Benetti *et al.* (1995). En la última década, varios países como México y España están dirigiendo sus esfuerzos al cultivo comercial de esta especie (Benitez-Hernández *et al.*, 2017; Roo *et al.*, 2014). Sin embargo, siendo el más reciente candidato (del género *Seriola*) para acuicultura existe poca información sobre los regímenes de alimentación. Por otro lado Argüello-Guevara *et al.* (2018) en un estudio con la misma especie determinaron con *S. rivoliana* puede tolerar un periodo de inanición de 48 horas con una re-alimentación de 24 h, sin afectar negativamente los parámetros productivos. Estrategias de manejo efectivas para maximizar la supervivencia y el crecimiento, y prevenir ecto-parásitos necesitan incorporar la influencia que tienen los parámetros ambientales y los regímenes alimenticios sobre los cultivos son necesarias para el escalamiento comercial del cultivo del huayaipe.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

- Determinar el crecimiento compensatorio en juveniles de huayaibe "*S. rivoliana*" en relación al periodo de inanición y re-alimentación.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la ganancia de peso de juveniles de huayaibe sometidos a diferentes períodos de inanición y re-alimentación.
- Evaluar el efecto de periodos de inanición y re-alimentación sobre la ingesta y eficiencia de alimentación en juveniles de huayaibe.
- Determinar la supervivencia y la condición de salud de juveniles de huayaibe en diferentes regímenes de alimentación.

Uno de los principales objetivos de la acuicultura es maximizar el crecimiento de la especie en cultivo con el menor gasto asociado posible. Especialmente, el alto costo relacionado con la alimentación balanceada. Por ello, se busca encontrar protocolos de alimentación efectivos que cumplan con este objetivo y que no representen un riesgo para la salud del animal. Recientemente, en CENAIM-ESPOL se realizó un estudio con juveniles de huayaibe *S. rivoliana*, en el cual se pudo determinar que, bajo regímenes de alimentación restringida hasta por 2 días de inanición, seguida por un día de re-alimentación en dos raciones diarias, se puede alcanzar una tasa de crecimiento corporal igual a los peces que fueron alimentados diariamente. Además, se evidenció un incremento de la tasa de ingestión (hiperfagia) y de la eficiencia de utilización del alimento, sin comprometer el estado sanitario de los peces ni el deterioro de la calidad del agua de cultivo (Argüello-Guevara *et al.*, 2018). Sin embargo, es probable que en el estudio de Argüello-Guevara *et al.* (2018), el tiempo de re-alimentación evaluado no fue suficiente para que los peces sometidos a periodos de inanición presenten un crecimiento compensatorio posterior. Por tal motivo, la finalidad del presente estudio es determinar si juveniles de huayaibe *S. rivoliana*, sometidos a diferentes periodos de inanición y a re-alimentación por 7 días pueden evidenciar un crecimiento compensatorio total o sobre-

compensación sin comprometer el bienestar de los peces y la calidad de agua, reduciendo los costos por alimentación y manejo.

1.3. Delimitación del estudio

El presente trabajo responde a la necesidad de diversificar la maricultura en el Ecuador, mediante el establecimiento de protocolos de manejo para la alimentación de juveniles de huayaibe *S. rivoliana*. Lo que permitirá, escalar el cultivo del huayaibe a escala comercial reduciendo los costos de producción, y brindando información relevante acerca del cultivo de esta especie en términos de bienestar animal y manejo.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Característica de la especie *S. rivoliana*

El huayaípe, *S. rivoliana*, es un pez marino, migratorio de nado veloz, con escasa longevidad. El cuerpo es alargado, fusiforme, relativamente alto, comprimido, con cabeza fuerte, perfil dorsal curvado. El hocico tiene forma redondeada, con dientes pequeños, base de la cola delgada y surcos presentes. La aleta caudal es horquillada. El cuerpo presenta una banda oscura a través del ojo y la aleta dorsal. Su reproducción es por fecundación externa y sus huevos son pelágicos (Smith-Vaniz, 2003). La especie se encuentra ampliamente distribuida en las aguas tropicales y templadas de los océanos del mundo. El huayaípe, *S. rivoliana* es calificado como una especie marina de alto valor comercial, pues tiene un crecimiento rápido, logrando alcanzar una longitud estándar (LS) máxima de 160 cm y un peso máximo de 59 kg.

Esta especie se encuentra incluido en la siguiente escala zoológica (WoRMS, 2018):

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Subfilo: Vertebrata

Clase: Actinopterygii

Superclase: Gnathostomata

Orden: Perciformes

Suborden: Percoidei

Familia: Carangidae

Género; *Seriola*

Especie: *S. rivoliana*
(Valenciennes, 1833).

2.2. Crecimiento en cautiverio

El crecimiento de un organismo, hace referencia al incremento de tamaño o masa muscular, el mismo que puede darse por el aumento del tamaño de las células, conocido

como hipertrofia, y por el incremento en el número de las células o hiperplasia. En la mayoría de los teleósteos, el desarrollo muscular se mantiene a lo largo de su ciclo vital (López-Albors *et al.*, 2005). El músculo del pez representa la mayor reserva proteica del organismo. Para que el animal obtenga la energía que requiere su metabolismo, y pueda cumplir con las funciones fisiológicas, ya sea de crecimiento, reproducción, entre otras, debe obtenerlas del alimento, con valores nutricionales adecuados a su estado y a la especie.

El crecimiento de los peces en el medio natural puede verse afectado temporalmente por diversos factores, tales como climáticos o de su ciclo vital. Sin embargo, los peces en condiciones de cautiverio no suelen sufrir estas variaciones debido a que el crecimiento se realiza en ambientes controlados. Uno de los mayores problemas en la acuicultura es el alto valor monetario que representa la alimentación de los peces, que suele representar al menos el 50% de los costos de producción en sistemas de cultivo intensivos, atribuido al alto costo de la harina y el aceite de pescado (Ali *et al.*, 2005). Para ello, además, de buscar alternativas de sustitución de harina de pescado con fuentes proteicas más económicas, se buscan estrategias que no alteren el crecimiento y salud del pez y que a su vez reduzcan los costos de producción. De este modo, una de esas alternativas es la restricción alimenticia (inanición) por determinados periodos (cortos o largos, dependiendo de especie), y la restitución posterior de la alimentación, ya que se ha reportado en diferentes especies de peces que es posible alcanzar un crecimiento compensatorio a diferentes escalas (Ali *et al.*, 2003).

El crecimiento compensatorio (CC) es una fase acelerada del crecimiento en el pez cuando ha pasado por un periodo de restricción alimenticia (inanición) por diversos factores y luego la alimentación es restablecida. Este crecimiento especie-específico puede registrar una compensación total, parcial o sobrecompensación, dependiendo del tiempo de restricción y realimentación (Türkmen *et al.*, 2012). El crecimiento compensatorio, puede ser producto de una ingesta excesiva de alimento conocida como hiperfagia, lo que favorece al incremento de las tasas de crecimiento y de utilización del alimento, así como también a la eficiencia alimenticia (Kojima *et al.*, 2015). Por otra parte, cuando los peces son sometidos a inanición, pueden utilizar las reservas corporales (nutrientes) para continuar con sus funciones vitales. Sin embargo, esta movilización de reservas puede causar estrés y susceptibilidad a enfermedades por parásitos oportunistas.

Así como también, una sobre alimentación, puede afectar la calidad del agua de cultivo (Yengkokpam *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2014; Okorie *et al.*, 2013).

3. HIPÓTESIS

- *Ho = El pez huayaípe, S. rivoliana, sometido a periodos de inanición y posterior re-alimentación, es capaz de mostrar un crecimiento similar a los peces que son alimentados diariamente (crecimiento compensatorio total o parcial) sin verse afectada la salud del animal, supervivencia o calidad del agua de cultivo.*
- *Ha = Periodos de inanición y posterior re-alimentación afectan la tasa de crecimiento de los peces sometidos a estos regímenes de alimentación, lo que puede provocar estrés de los animales, susceptibilidad a parásitos y mala calidad del agua de cultivo.*

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Origen de los animales

Juveniles de huayaípe (240 días post-eclosión) fueron obtenidos de reproductores silvestres que se encuentran en el laboratorio de Peces Marinos del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas “Edgar Arellano” (CENAIM ESPOL).

Se trasladaron 200 ejemplares de un mismo lote a las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior “Luis Arboleda Martínez” (ITSLAM) ubicado en Jaramijó, Provincia de Manabí. Para la transportación, se utilizaron tres tanques con una capacidad de 1.5 m³, dispuestos en un camión provisto de suministro de oxígeno continuo. El viaje tuvo una duración de 4 horas. Para la aclimatación, los ejemplares fueron distribuidos en 2 tanques circulares de 5 m³ con aireación continua para mantener una concentración de oxígeno disuelto mínima de 5 mg O₂ L⁻¹. Al día siguiente del traslado, se inició con la alimentación *ad libitum* en dos raciones hasta el día de inicio del experimento.

4.2 Diseño Experimental

El experimento se realizó en el laboratorio de acuicultura del ITSLAM, durante un periodo de 85 días (13 de Enero al 6 de Abril del 2018). El diseño utilizado fue de parcelas divididas (Split plot), donde la parcela completa corresponde a la forma de tanque (6 circulares y 6 rectangulares) y cada parcela se dividió en 3 regímenes de alimentación: 1 de alimentación continua y 2 cíclicos de inanición (corta y larga) con un periodo de realimentación. Cada sistema experimental contó con 2 réplicas.

Los regímenes de alimentación se distribuyeron en dos raciones diarias (9h00 y 14h00) de la siguiente forma:

- Alimentación (A) continua: Alimentación suministrada diariamente.
- Inanición (I) Corta: privación de alimento por 3 días y periodos de realimentación por 7 días.
- Inanición larga: privación de alimento por 7 días y periodos de realimentación por 7 días.

Se inició el experimento con 120 huayaipes con un peso promedio de $261,7 \pm 5,6$ g. Se utilizaron 12 tanques (6 circulares y 6 rectangulares) de 1 m^3 de volumen operable. La distribución de los peces a los 12 tanques fue realizada de manera aleatoria a una densidad de cultivo de $10 \text{ animales.m}^{-3}$ ($2,6 \text{ kg.m}^{-3}$) provisto de una piedra de difusión de aire para mantener los niveles de oxígeno disuelto sobre los $5 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ (08h00 = $6,01 \pm 0,31 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$; 16h00 = $5,87 \pm 0,32 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$). Se utilizó agua de mar filtrada a una temperatura ambiente (08h00 = $25,9 \pm 0,1^\circ\text{C}$; 16h00 = $26,7 \pm 0,3^\circ\text{C}$) y un recambio diario del 140%. Las mediciones de temperatura y oxígeno disuelto de cada tanque se tomaban a diario (8h00 y 16h00) con un oxigenómetro HI 98193 (HANNA®, Instruments Inc., Woonsocket, RI, EE.UU.).

4.3. Protocolo de manejo

Durante el periodo experimental, los juveniles fueron alimentados *ad libitum* siguiendo los tratamientos (A. continua; I. corta; I. larga) y raciones establecidos (9h00 y 14h00). Se utilizó 4 sacos de balanceado comercial extruido (GISIS®, Skretting, Gye, Ecuador (Tabla 1). El tamaño del gránulo (pellet) fue de 5 y 7 mm, dependiendo el avance de los días de cultivo.

Tabla 1. Composición (%) de los macronutrientes del alimento balanceado utilizado en los ensayos

Componente	%
Humedad	12,0
Proteína	40,0
Grasa	13,0
Fibra	2,5
Ceniza	12,0

Diariamente, a los 15 min después de cada alimentación, se procedió a recoger el alimento no consumido, para ser cuantificado y determinar el consumo de alimento ingerido por diferencia gravimétrica. Una hora después, se realizaba el mismo procedimiento (en caso de haber pienso sobrante), y se consideraba alimento ingerido pero regurgitado. Para la diferencia gravimétrica en el consumo de alimento, por cada

lote de alimento se procedió a pesar 400 unidades de pellets, para estimar su peso promedio. El peso promedio obtenido, se multiplicaba por la cantidad de pellets no consumidos o regurgitados, con lo cual se obtuvo el peso del alimento no consumido. El consumo de alimento en cada tanque se calculó restando el peso del alimento no consumido de la cantidad de pellets suministrada. Después del retiro de los pellets regurgitados (15 minutos) se realizaba la remoción de las heces de cada tanque por medio de un sifón.

4.4. Biometría y colección de muestras

Los ejemplares de cada tratamiento fueron pesados al inicio (D0), a los 45 días (D45) y al final luego de 85 días (D85). Durante cada pesaje, los peces fueron anestesiados con 15 mg. L⁻¹ de Eugenol® (Keystone Ind., Gibbstown, NJ, EE.UU.) para registrar los datos biométricos de peso (P = g) con una balanza ScoutTMPro SP2001 (OHAUS Corporation, Parsippany, NJ, EE.UU., precisión 0,1 g), y longitud estándar (LS = cm) con un ictiómetro de precisión 1 mm. Luego de la biometría final (D85), se sacrificaron 2 peces seleccionados aleatoriamente en cada tanque para registrar el peso del filete, carcasa, esqueleto, hígado y vísceras, y se determinaron los índices hepatosomático (IHS), viscerosomático (IVS) y porcentaje de filete. Así mismo, se tomaron muestras del intestino medio para medición de longitud de enterocitos. Las muestras de los intestinos fueron puestas en solución de fijación Davidson y después de 24 horas transferidas a etanol 70%. Posteriormente, el intestino medio (aproximadamente 1 cm) fue cortado transversalmente (4 µm) y colocado en placas para tinción con la técnica de tinción de hematoxilina y eosina (H&E). Los cortes teñidos fueron examinados en un microscopio de luz provisto de una cámara fotográfica (OLYMPUS CX31, Olympus America Inc., Center Valley, PA, EE.UU.). Además, se tomaron muestras de filetes para análisis de proteína (determinación Kjeldah, factor de corrección 6,25) y grasa total (determinación Goldfish; A.O.A.C., 2016). Los filetes fueron congelados inmediatamente a -20°C y transportados en congelación hasta el laboratorio PROTAL de la ESPOL.

Después de cada biometría, los peces fueron sometidos a baños de agua dulce (en baldes individuales) por 45 – 60 segundos para el monitoreo de ectoparásitos. El agua de cada balde se agitaba de forma circular para concentrar los ectoparásitos en el fondo del

balde y recolectarlos a través de succión con una manguera fina en fundas etiquetadas previamente. Posteriormente, los parásitos fueron contabilizados e identificados según se describe en Argüello-Guevara *et al.* (2018).

Los peces eran contabilizados después de cada muestreo de peso para determinar la supervivencia. Así mismo, luego de la biometría, todos los peces sobrevivientes eran transferidos a tanques (con las mismas características descritas anteriormente) limpios y desinfectados. Se tomaron muestras de agua para análisis de calidad, antes y después de las transferencias a los D45 y D85 días de cultivo.

4.5. Cálculos y análisis estadístico

Para los cálculos y análisis de crecimiento se tomaron las siguientes variables:

Factor de condición de Fulton (K_F)

$$K_F = \frac{P}{(LS)^3} \times 100$$

Donde; P es el peso húmedo del pez y LS es la longitud estándar

Tasa de conversión alimenticia (TCA):

$$TCA = \frac{\text{Alimento ofrecido}}{\text{Biomasa ganada}} \times 100$$

Eficiencia de alimentación (EA):

$$EA = \frac{P_f - P_i}{\text{Alimento consumido}} \times 100$$

Consumo de alimento diario (CAD):

$$CAD = (P_{\text{alimento}} \times \text{día} \times \text{pez})$$

Consumo de alimento total (CAT):

$$CAT = \frac{P_{\text{alimento total}} (g)}{\#Peces}$$

Porcentaje de Filete

$$\% = \frac{\text{Peso de filete con piel}}{\text{Peso de pez sin vísceras}} \times 100$$

Índice hepatosomático (IHP) y viscerosomático (IVS)

$$IHP = \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{Peso total del cuerpo}} \times 100$$

$$IVP = \frac{\text{Peso de vísceras}}{\text{Peso total del cuerpo}} \times 100$$

Porcentaje de supervivencia al final del experimento: (% S)

$$\text{Supervivencia (\%)} = \frac{\text{Peces sobrevivientes}}{\text{Total de peces sembrados}} \times 100$$

Los datos son expresados como media \pm desviación estándar (DE). Los resultados obtenidos fueron sometidos a la prueba de Bartlett para verificar homogeneidad de varianzas y para obtener la normalidad se sometieron a la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Luego de la verificación, los resultados fueron analizados utilizando un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (forma de tanque y regímenes de alimentación). Cuando se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Tukey a un nivel de significancia de 95% ($\alpha = 0,05$). Se utilizó el programa XLSTAT@2016.5.

5. RESULTADOS

5.1. Crecimiento, supervivencia y composición corporal

Al final del experimento, no se registraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en los parámetros biométricos de los peces, por efecto de la forma de los tanques (Tabla 2). Por otro lado, el rendimiento final de peso y longitud, así como la TCE, fueron significativamente mayores ($P < 0,05$), para el tratamiento de alimentación continua, seguido por el tratamiento de inanición corta. Mientras que el índice de condición de Fulton (K_F) fue similar entre estos dos tratamientos, siendo menor ($P < 0,05$) para el tratamiento de inanición larga (Tabla 2).

Tabla 2. Valores (media \pm desviación estándar) de los parámetros de crecimiento obtenidos de los juveniles de *S. rivoliana* cultivados bajo diferentes regímenes de alimentación. Letras diferentes en la misma columna (hasta línea de subdivisión) muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

Tratamientos	PARÁMETROS				
	P. inicial (g)	P. final (g)	LS final (cm)	TCE	K_F
Rectangulares	260,1 \pm 6,0	406,0 \pm 76,6	27,6 \pm 1,5	0,51 \pm 0,22	1,92 \pm 0,08
Circulares	263,3 \pm 5,2	421,9 \pm 106,6	27,7 \pm 1,9	0,53 \pm 0,27	1,95 \pm 0,09
A continua	264,7 \pm 2,5 ^a	528,1 \pm 52,2 ^a	29,8 \pm 0,7 ^a	0,81 \pm 0,1 ^a	2,00 \pm 0,05 ^a
I corta	262,7 \pm 8,1 ^a	415,2 \pm 23,1 ^b	27,7 \pm 0,5 ^b	0,54 \pm 0,0 ^b	1,96 \pm 0,06 ^a
I larga	257,8 \pm 3,0 ^a	325,2 \pm 6,2 ^c	26,1 \pm 0,1 ^c	0,27 \pm 0,0 ^c	1,84 \pm 0,02 ^b

La forma de los tanques influyó significativamente ($P < 0,05$) en el consumo de alimento diario, siendo mayor en los tanques circulares. Sin embargo, el consumo total de alimento fue similar entre los tanques rectangulares y circulares (Tabla 3). La tasa de conversión alimenticia y la eficiencia de alimentación, no fueron afectadas por la forma de los tanques. Según los regímenes de alimentación, los peces sometidos al tratamiento de inanición larga presentaron la mayor ($P < 0,05$) tasa de conversión alimenticia (Tabla 3). Mientras que la eficiencia de alimentación fue diferente para cada régimen de alimentación. En relación al consumo de alimento, el CAT fue mayor significativamente en los animales alimentados diariamente. Sin embargo, el CAD fue mayor en los peces

sometidos a los diferentes periodos de inanición versus los peces que se alimentaron continuamente.

Tabla 3. Valores (media \pm desviación estándar) de la Tasa de conversión alimenticia (TCA), Eficiencia alimenticia (EA), Consumo de alimento diario (CAD), Consumo de alimento total (CAT) de los juveniles de *S. rivoliana* cultivados bajo diferentes regímenes Letras diferentes en la misma columna (hasta línea de subdivisión) muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

PARÁMETROS				
Tratamientos	TCA	EA	CAD (g/día/pez)	CAT (g/pez)
Rectangulares	4,0 \pm 1,20 ^a	0,3 \pm 0,08 ^a	8,9 \pm 0,5 ^b	503,2 \pm 144,00 ^a
Circulares	3,7 \pm 1,19 ^a	0,3 \pm 0,10 ^a	9,5 \pm 0,3 ^a	499,0 \pm 160,88 ^a
A continua	2,6 \pm 0,31 ^c	0,4 \pm 0,05 ^a	8,7 \pm 0,6 ^b	687,7 \pm 46,29 ^a
I corta	3,4 \pm 0,40 ^b	0,3 \pm 0,03 ^b	9,6 \pm 0,3 ^a	517,0 \pm 14,27 ^b
I larga	5,1 \pm 0,38 ^a	0,2 \pm 0,01 ^c	9,1 \pm 0,3 ^{ab}	345,7 \pm 10,44 ^c

La tabla 4, muestra los valores obtenidos de los análisis del contenido de proteína y lípidos totales en los filetes, IVS, IHS y rendimiento del filete. Una marcada disminución ($P < 0,05$) del contenido de lípidos en el filete fue registrada en los peces sometidos a periodos de inanición larga, siendo comparables con los peces del tratamiento de inanición corta.

Tabla 4. Valores (media \pm desviación estándar) de la composición de proteína y grasa totales corporales, IVS, IHS y filete de los juveniles de *S. rivoliana* cultivados bajo diferentes regímenes de alimentación. Letras diferentes en la misma columna (hasta línea de subdivisión) muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

PARÁMETROS					
Tratamientos	Proteína (%)	Grasa (%)	IVS	IHS	Filete (%)
Rectangulares	22,3 \pm 1,03	3,1 \pm 1,25	5,92 \pm 1,18	0,87 \pm 0,37	42,26 \pm 3,79
Circulares	22,0 \pm 1,09	2,7 \pm 1,48	5,73 \pm 0,86	0,83 \pm 0,37	41,65 \pm 2,87
A continua	22,8 \pm 0,12	4,1 \pm 1,05 ^a	6,13 \pm 0,38	0,97 \pm 0,22	44,07 \pm 1,20
I corta	22,6 \pm 0,25	3,2 \pm 0,59 ^{ab}	6,39 \pm 0,94	1,07 \pm 0,39	43,53 \pm 0,76
I larga	21,3 \pm 1,29	1,7 \pm 1,03 ^b	5,06 \pm 1,03	0,55 \pm 0,18	38,87 \pm 3,64

No se registraron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) en la supervivencia final. Sin embargo, los valores más bajo fueron registrados en el tratamiento de inanición corta (85,0 \pm 12,9) y en los tanques circulares (86,0 \pm 13,4).

5.2. Micromorfología del intestino medio

Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en la altura del pliegue (AP), enterocitos (AE) y microvellosidades (AMV) del intestino medio (Tabla 5). En la figura 1, se muestran los cortes histológicos del intestino medio de los juveniles de huayaípe.

Tabla 5. Valores (media \pm desviación estándar) de la micromorfología del intestino medio de juveniles de huayaípe, *S. rivoliana* cultivado bajo diferentes regímenes de alimentación. Letras diferentes en la misma columna (hasta línea de subdivisión) muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

Tratamientos	AE (μm)	AP (μm)	AMV (μm)
Rectangulares	16,10 \pm 0,93	906,29 \pm 53,11	4,50 \pm 0,44
Circulares	17,69 \pm 2,12	888,20 \pm 105,23	4,08 \pm 0,33
A continua	17,99 \pm 2,66	964,10 \pm 25,39	4,31 \pm 0,25
I corta	15,81 \pm 1,15	886,26 \pm 94,09	4,21 \pm 0,38
I larga	16,96 \pm 0,98	860,34 \pm 63,54	4,40 \pm 0,64

5.3. Calidad de Agua

La tabla 5 muestra los valores de calidad de agua obtenidos durante el experimento.

Tabla 6. Valores (media \pm desviación estándar) de calidad de agua. Letras diferentes en la misma fila (hasta línea de subdivisión) muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

Tratamientos	Circulares	Rectangulares	A continua	I corta	I larga
TAN (mg L^{-1})					
D45	0,23 \pm 0,10 ^a	0,28 \pm 0,12 ^a	0,28 \pm 0,10 ^a	0,23 \pm 0,10 ^a	0,28 \pm 0,15 ^a
D85	0,38 \pm 0,25 ^a	0,22 \pm 0,04 ^a	0,20 \pm 0,00 ^a	0,38 \pm 0,29 ^a	0,28 \pm 0,10 ^a
TSS (mg L^{-1})					
D45	30,70 \pm 6,25 ^a	23,32 \pm 3,75 ^a	27,65 \pm 3,50 ^a	27,13 \pm 8,59 ^a	26,25 \pm 7,46 ^a
D85	34,54 \pm 5,92 ^a	31,22 \pm 5,31 ^a	35,87 \pm 3,19 ^a	33,75 \pm 7,34 ^a	29,35 \pm 4,09 ^a
TDS (mg L^{-1})					
D45	39,50 \pm 6,28 ^a	38,50 \pm 4,51 ^a	37,25 \pm 3,40 ^a	41,25 \pm 7,23 ^a	38,50 \pm 5,07 ^a
D85	34,00 \pm 6,20 ^a	32,83 \pm 3,54 ^a	28,67 \pm 5,03 ^a	34,00 \pm 4,24 ^a	36,25 \pm 2,22 ^a
pH					
D45	7,57 \pm 0,14 ^a	7,69 \pm 0,10 ^a	7,56 \pm 0,18 ^a	7,61 \pm 0,08 ^a	7,71 \pm 0,09 ^a
D85	7,73 \pm 0,14 ^b	7,84 \pm 0,09 ^a	7,73 \pm 0,07 ^b	7,72 \pm 0,10 ^b	7,91 \pm 0,09 ^a

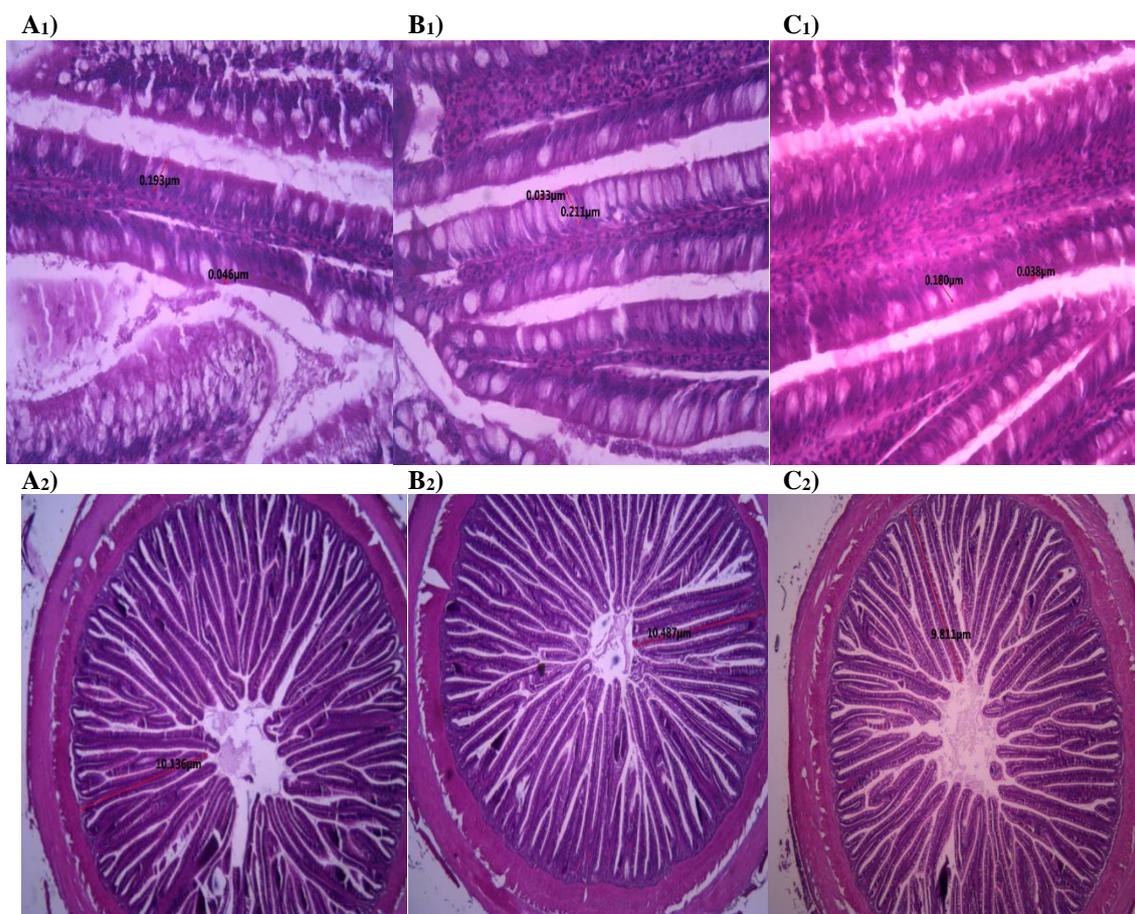


Figura 1. Microfotografías del intestino medio del del huayaípe, *S. rivoliana*, cultivado bajo diferentes regímenes de alimentación. A) alimentación continua; B) Inanición corta y C) Inanición larga. Altura de enterositos(HE) y microvellosidades (HF) (1); y altura de los pliegues (HMF) (2). Magnificación del ocular; 40 X M (HE) y (HMF); 10 X M.

5.4. Parásitos

El ectoparásito encontrado fue identificado como *Neobenedenia girellae*. Aunque se observó una mayor densidad absoluta de parásitos en los tanques rectangulares, la diferencia no fue significativa ($I > 0,05$) con respecto a los tanques circulares (Fig. 2). La mayor cantidad de ectoparásito fue encontrada en los peces alimentados diariamente con un valor de $(57,00 \pm 38,07)$ parásitos por pez) en el primer periodo (D45). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en la densidad absoluta de ectoparásitos por el régimen alimenticio (Fig. 3) a D45 y D85 días de cultivo. Los valores más altos de densidad absoluta de parásitos se encontraron en el primer periodo (D45).

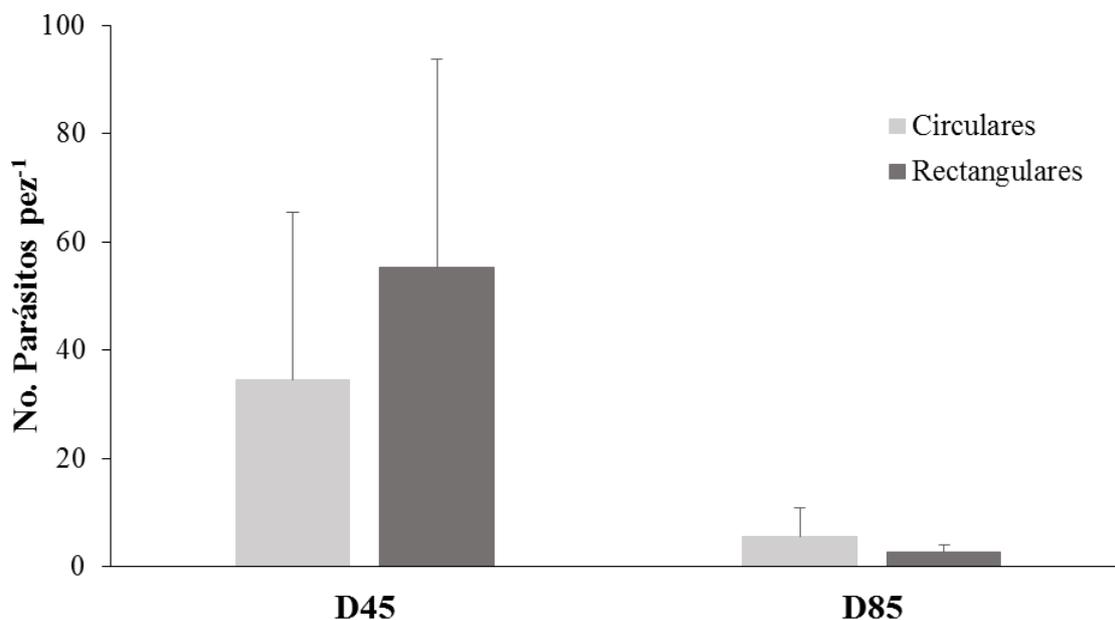


Figura 2. Valores (media \pm desviación estándar) de la cantidad de ectoparásitos *Neobenedenia girellae* observados en ejemplares de *S. rivoliana* en los diferentes regímenes alimenticios en D45 y D85.

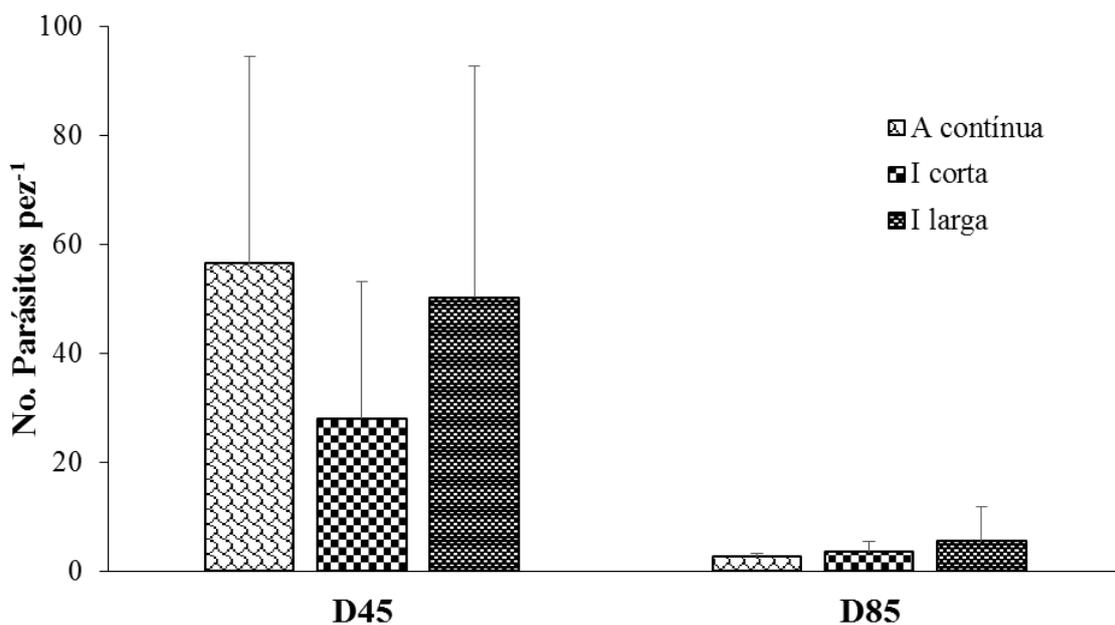


Figura 3. Valores (media \pm desviación estándar) de la cantidad de ectoparásitos *Neobenedenia girellae* observados en ejemplares de *S. rivoliana* en los diferentes regímenes alimenticios en D45 y D85

6. DISCUSIÓN

El crecimiento compensatorio ha sido mostrado que ocurre cuando las condiciones alimenticias favorables son reestablecidas luego de un periodo de inanición (Kojima *et al.*, 2015; Fang *et al.*, 2017). Jiwyam (2010), define el crecimiento compensatorio como

un periodo de rápido crecimiento mostrado por individuos (en el caso del presente estudio, en peces) que encuentran abundante alimento luego de un periodo de privación alimenticia. Este crecimiento puede ser total, parcial (altas tasas de crecimiento y eficiencia alimenticia sin alcanzar el mismo peso de los animales alimentados continuamente) o existir ausencia de compensación y sobre-compensación (Ali *et al.*, 2003). Los efectos de someter peces a un régimen alimenticio con periodos de inanición, con el objetivo de mejorar la producción por acuicultura en términos de rendimiento y costo-eficiencia, han sido estudiados en *Sparus aurata* (Eroldoğan *et al.*, 2006a), *Seriola lalandi* (Chen *et al.*, 2007), *Pangasius bocourti* (Jiwyam, 2010), *Scophthalmus maximus* (Blanquet y Oliva-Teles, 2010), *Dicentrarchus labrax* (Türkmen *et al.*, 2012), *Labeo rohita* (Yengkokpam *et al.*, 2013), y recientemente en *Cynoglossus semilaevis* (Fang *et al.*, 2015; 2017), *Mugil cephalus* (Akbari y Jahanbakhshi, 2016), y *Oreochromis mossambicus* (Gabriel *et al.*, 2018), *S. rivoliana* (Argüello-Guevara *et al.*, 2018) entre otros, con resultados inconsistentes o no conclusivos. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que los juveniles de *S. rivoliana* que fueron sometidos a periodos cíclicos de inanición cortos de 3 días y periodos prolongados de 7 días, con 7 días de re-alimentación (en ambos casos), no mostraron la capacidad de alcanzar el peso de los peces que estuvieron sometidos a alimentación continua, a diferencia del trabajo de Argüello-Guevara *et al.* (2018), con la misma especie pero de menor tamaño, donde los peces mostraron un crecimiento compensatorio parcial luego de ser sometidos a 2 días de inanición y 1 día de re-alimentación. De acuerdo con Jobling *et al.* (1994), animales más grandes pueden requerir un periodo de inanición más extenso, antes de inducir a una respuesta de compensación como resultado de un severo “estrés nutricional”. Por lo tanto, el crecimiento compensatorio también puede verse afectado por el tamaño del pez (Blanquet y Oliva-Teles, 2010) Por otro lado, la forma del tanque no causó efectos sobre el crecimiento compensatorio en este estudio. Los resultados obtenidos para esta especie, hasta el momento podrían indicar, que el crecimiento compensatorio está más relacionado al periodo de inanición que a los días de re-alimentación. Según Eroldoğan *et al.* (2006b), la compensación de crecimiento es especie-específica y depende principalmente del tipo, duración y severidad de la restricción alimenticia, siendo más efectiva cuando la duración y severidad de la restricción es corta. De este modo, periodos de inanición superiores a 3 días pueden no compensar el crecimiento a pesar de la hiperfagia observada en esta especie. En concordancia con nuestros resultados, la falta de crecimiento compensatorio

ha sido observada en otras especies con diferentes regímenes de alimentación. Así, por ejemplo, en *S. aurata* y *O. Niloticus* con periodos de alimentación restringida entre 1 y 2 semanas seguidos por subsecuente re-alimentación (Peres *et al.*, 2011; Gao *et al.*, 2015). La base fisiológica por la cual los peces pueden alcanzar un crecimiento compensatorio aún no es completamente entendida, pero es probable que involucre mecanismos como el incremento de la tasa de ingestión, y/o mejoramiento de la utilización del alimento (Ali *et al.*, 2003). En nuestro estudio, a pesar de que el consumo diario de alimento fue significativamente mayor (hiperfagia) como resultado de los periodos de inanición, no se reflejó una compensación en la tasa de crecimiento ni en la eficiencia alimenticia, similar a lo reportado en *S. maximus* (Blanquet y Oliva-Teles, 2010) y *Cynoglossus semilaevis* (Fang *et al.*, 2015). Así mismo, la forma del tanque no tuvo efecto sobre la tasa de ingestión y la eficiencia alimenticia. Sin embargo, el consumo diario de alimento fue significativamente mayor en los tanques circulares. Esto podría deberse a que en tanques circulares, los patrones de distribución de los peces son más homogéneos que en los tanques rectangulares (Duarte *et al.*, 2011), contribuyendo a una mejor captura del alimento.

La movilización de tejidos corporales (*e.g.* proteína y grasas corporales) ha sido observado bajo condiciones de restricción de nutrientes, siendo dependientes de la especie (Peres *et al.*, 2011). En el presente estudio, la grasa corporal total fue significativamente menor en los peces con los regímenes de inanición. Mientras que la proteína corporal se mantuvo similar en todos los tratamientos. Similares resultados fueron obtenidos en *D. labrax* (Peres y Oliva-Teles, 2005), y en *S. aurata* (Peres *et al.*, 2011). Además, los valores absolutos del contenido de grasa corporal total en este estudio, tienen un comportamiento en concordancia con el consumo total de alimento (rectangulares > circulares; y A. continua > I. corta > I. larga), lo que evidencia que el exceso de energía de la dieta no es utilizado por el pez para crecimiento, sino que es depositado como grasa (Küçük *et al.*, 2014). Así mismo, los bajos niveles de grasa corporal en los peces del tratamiento I. larga, indican que largos ciclos de restricción de alimento causan un más alto consumo de energía (lípidos como recurso primario) destinado para la protección del metabolismo basal y supervivencia durante la inanición (Adakli y Tasbozan, 2015). Por otro lado, en este estudio, los diferentes contenidos de grasa corporal total, no resultaron en diferencias en los índices IVS e IHS para ningún tratamiento. Contrariamente, en el

ciprínido *Rutilus rutilus*, los lípidos corporales movilizados debido a la inanición por 21 días, provocaron la reducción del índice hepatosomático (van Dijk *et al.*, 2005). Similar a lo reportado por estudios previos en esta especie (Argüello-Guevara, *et al.*, 2018), nuestros resultados sugieren ausencia de mala nutrición de los peces a pesar de la restricción alimenticia. Sin embargo, bajos índices de IHS e IVS fueron observados en *S. aurata* después de una y dos semanas de inanición versus los peces que fueron alimentados continuamente (Peres *et al.*, 2011). El factor de Fulton, como índice de la condición nutricional de los peces, indican que *S. rivoliana* tolera 3 días de inanición seguidos por un periodo de alimentación continua por 7 días, sin que se afecten los mecanismos de compensación y la condición del animal.

No se encontraron diferencias estadísticas en la supervivencia final por la forma del tanque o periodos de restricción de alimento. Resultados similares, comparados con grupos de peces alimentados diariamente han sido reportados en *S. aurata* (Peres *et al.*, 2011), *Gadus morhua* (Hanssen *et al.*, 2012), *Sparidentex hasta* (Mozanzadeh *et al.*, 2017), y *Mugil cephalus* (Akbari y Jahanbakhshi, 2016). Estos resultados confirman que la restricción de alimento por hasta 7 días, seguidos por un periodo de re-alimentación no comprometen la supervivencia de *S. rivoliana*.

La micromorfología del intestino (principal área de absorción de nutrientes), especialmente la altura de los enterocitos es considerada como un confiable indicador de inanición (Fang *et al.*, 2017). Sin embargo, en el presente trabajo, no se registraron diferencias en las alturas de los enterocitos (AE), del pliegue (AP) y de las microvellosidades (AMV), por efecto de los periodos de inanición o forma del tanque. Se ha reportado que periodos de restricción de alimento, reducen significativamente las AE y AP en el intestino de *Rutilus caspicus* (Abolfathi *et al.*, 2012), *Salmo trutta caspius* (Shaibani *et al.*, 2013) y *Rhamdia quelen* (Roque Hernández *et al.*, 2018). Según Fang *et al.* (2017), la morfología del intestino puede verse perturbada si el periodo de realimentación no es suficiente después de la inanición (inclusive 1 día de inanición). Por lo tanto, nuestros resultados indican que en juveniles de *S. rivoliana*, la morfología del intestino puede recuperarse en un periodo de 7 días de realimentación luego de 3 y 7 días de inanición.

Los parámetros de calidad de agua en el presente trabajo, independientemente del régimen de alimentación o forma del tanque, se mantuvieron dentro de los límites seguros para el cultivo de peces (Tucker, 1998). Similar a lo reportado en el estudio previo con esta especie, no se evidenció que la presencia de *Neobenedenia girellae* estuvo relacionada con la calidad del agua de cultivo o produjo un efecto negativo en los parámetros productivos en el presente trabajo. Sin embargo, se requieren más estudios con el objetivo de evaluar los efectos de la infestación de *N. girellae* en el crecimiento de juveniles de huayaípe.

7. CONCLUSIONES

No se registraron diferencias estadísticas en los parámetros productivos, calidad de agua, composición corporal y superficie de absorción de nutrientes por efecto del tipo de tanque.

La restricción de alimento por periodos de 3 y 7 días, tuvieron un efecto negativo en el rendimiento productivo de juveniles de huayaipe, *S. rivoliana*.

La calidad del agua de cultivo y la presencia de ectoparásitos no se vio afectada por la aplicación de regímenes de restricción de alimento o alimentación continua.

Juveniles de huayaipe sometidos a un periodo de inanición de 7 días, movilizan sus reservas lipídicas corporales para la protección del metabolismo basal y supervivencia.

8. RECOMENDACIONES

El crecimiento compensatorio es un fenómeno complejo que está influenciado por varios factores, incluyendo especie, estado fisiológico, nutrición, alimentación, entre otros. Sin embargo, la práctica de diversas estrategias de inanición y realimentación para alcanzar una respuesta de compensación del crecimiento, ha dado resultados positivos en términos de reducir los costos de producción. Por lo tanto, se recomienda continuar con estudios sobre crecimiento compensatorio en huayaípe, *S. rivoliana*, incluyendo la evaluación de frecuencias y dosis de alimentación, diferentes porcentajes de inclusión de proteína en el alimento, combinados con otros parámetros de cultivo como temperatura, con el objetivo de entender el mecanismo por el cual se evidencia la compensación del crecimiento.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abolfathi, M., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R., & Zamani, A. 2012. Compensatory growth in juvenile roach *Rutilus caspicus*: effect of starvation and re-feeding on growth and digestive surface area. *Journal of Fish Biology*, 81, 1880 – 1890. *Doi*:10.1111/j.1095-8649.2012.03407.x.
- Adakli, A., & Tasbozan, O. 2015. The effects of different cycles of starvation and refeeding on growth and body composition on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15, 419 – 427. *Doi*:10.4194&1303-2712-v15_2_28.
- Akbary, P., & Jahanbakhshi, A. 2016. Effect of starvation on growth, biochemical, hematological and non-specific immune parameters in two different size groups of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). *Acta Ecologica Sinica*, 36, 205 – 211. *Doi*:10.1016/j.chnaes.2016.04.008.
- Ali, M., Nicieza, A., & Wootton, R.J. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4, 147 – 190. *Doi*: 10.1046/j.1467-2979.2003.00120.x.
- Ali, Z., Hossain, A., & Mazid, A. 2005. Effect of mixed feeding schedules with varying dietary protein levels on the growth of sutchi catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage) with silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes) in ponds. *Aquaculture Research*, 36, 627 – 634. *Doi*: 10.1111/j.1365-2109.2005.01262.x.
- A.O.A.C. 2016. Official methods of analysis of AOAC international. *Eds.* Latimer, G. 20th Edición. Association of Official Analytical Chemist. Washington D.C., USA. 3172 pp. ISBN: 0935584870.
- Argüello-Guevara, W., Apolinario, W., Bohórquez-Cruz, M., Reinoso, S., Rodríguez, S., & Sonnenholzner, S. 2018. Effects of intermittent feeding on water quality, skin parasites, feed consumption, and growth performance of juvenile longfin yellowtail *S. rivoliana* (Valenciennes, 1833). *Aquaculture Research*, 49, 3586 – 3594. *Doi*: 10.1111/are.13825.
- Benetti, D.D., Acosta, A., & Ayala, J.C. 1995. Cage and pond aquaculture of marine finfish aquaculture in Ecuador. *World Aquaculture*, 26, 7 – 13.
- Benitez-Hernández, A., Jiménez-Bárceñas, S.P.L., Sánchez-Gutiérrez, E.Y., Pérez-Urbiola, J.C., Tovar-Ramírez, D., Palacios, E., & Civera-Cerecedo, R. 2017. Use of marine by-product meals in diets for juvenile longfin yellowtail *S. rivoliana*. *Aquaculture Nutrition*, 24, 562 – 570. *Doi*: 10.1111/anu.12588.
- Blanquet, I., & Oliva-Teles, A. 2010. Effect of feed restriction on the growth performance of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) juveniles under commercial rearing conditions. *Aquaculture Research*, 41, 1255 – 1260. *Doi*:10.1111/j.1365-2109.2009.02416.x.

- Chen, B.N., Qin, J.G., Carragher, J.F., Clarke, S.M., Kumar, M.S., & Hutchinson, W.G. 2007. Deleterious effects of food restrictions in yellowtail kingfish *Seriola lalandi* during early development. *Aquaculture*, 271, 326 – 335. *Doi*:10.1016/j.aquaculture.2007.04.016.
- Duarte, S., Reig, L., Masaló, I., Blanco, M., & Oca, J. 2011. Influence of tank geometry and flow pattern in fish distribution. *Aquacultural Engineering*, 44, 48 – 54. *Doi*: 10.1016/j.aquaeng.2010.12.002.
- Egea-Nicolás, M.Á., Rueda-González, F., Martínez-López, F.J., & García-García, B. 2002. Efecto de la realimentación tras un periodo de ayuno sobre el crecimiento en el sargo picudo *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 18, 357 – 362.
- Eroldoğan, O.T., Kumlu, M., Kiris, G.A., & Sezer, B. 2006a. Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding protocols. *Aquaculture Nutrition*, 12, 203 – 210. *Doi*: 10.1111/j.1365-2095.2006.00402.x.
- Eroldoğan, O.T., Kumlu, M., & Sezer, B. 2006b. Effects of starvation and re-alimentation periods on growth performance and hyperphagic response of *Sparus aurata*. *Aquaculture Research*, 37, 535 – 537. *Doi*: 10.1111/j.1365-2109.2006.01445.x.
- Fang, Z., Tian, X., Dong, S., Fang, J., & Zhang, J. 2015. Growth compensation in juvenile tongue sole, *Cynoglossus semilaevis* (Güther, 1873): responses to thermal stress and feed restriction. *Aquaculture Research*, 46, 2604 – 2614. *Doi*: 10.1111/are.12412.
- Fang, Z., Tian, Z., & Dong, S. 2017. Effects of starving and re-feeding strategies on the growth performance and physiological characteristics of the juvenile tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). *Journal of Ocean University of China*, 16, 517 – 524. *Doi*:10.1007/s11802-017-3198-7.
- FAO. 2018. The state of world fisheries and aquaculture 2018. Meeting the sustainable development goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 227 pp. ISBN 978-92-5-130562-1.
- Félix-Pico, E.F., Tripp-Quezada, A., Castro-Ortíz, J.L., Serrano-Casillas, G., González-Ramírez, P.G., Villalejo-Fuerte, M., Palomares-García, R., García-Domínguez, F.A., Mazon-Suastegui, M., Bojorquez-Verastica, G., & Lopez-García, G. 1997. Repopulation and culture of the Pacific Calico scallops in Bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico. *Aquaculture International*, 5, 551 – 563. *Doi*. 10.1023/A:101830951.
- Gabriel, N.N., Omoregie, E., Martin, T., Kukuri, L., & Shilombwelwa, L. 2018. Compensatory growth responses in *Oreochromis mossambicus* submitted to short-term cycles of feed deprivation and refeeding. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, 161 – 166. *Doi*:10.4194/1303-2712-v18_1_18.
- Gao, Y., Wang, Z., Hur, J.W., & Lee, J.Y. 2015. Body composition and compensatory growth in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different feeding intervals.

- Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33, 945 – 966. Doi: 10.1007/s0034.
- Hanssen, H., Imsland, A.K., Foss, A., Vikingstad, E., Bjørnevik, M., Solberg, C., Roth, B., Norberg, B., & Powell, M.D. 2012. Effect of different feeding regimes on growth in juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Aquaculture*, 364 – 365, 298 – 304. Doi:10.1016/j.aquaculture.2012.08.027.
- Jiwyam, W. 2010. Growth and compensatory growth of juvenile *Pangasius bocourti* Sauvage, 1880 relative to ration. *Aquaculture*, 306, 393 – 397. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.05.005.
- Jobling, M., Meløy, O.H., dos Santos, J., & Christiansen, B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquaculture International*, 2, 75 – 90. Doi:10.1007/BF00128802.
- Kissinger, K.R., García-Ortega, A., & Trushenski, J.T. 2016. Partial fish meal replacement by soy protein concentrate, squid and algal meals in low fish-oil diets containing *Schizochytrium limacinum* for longfin yellowtail *S. rivoliana*. *Aquaculture*, 452, 37 – 44. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.10.022.
- Kojima, J.T., Leitão, N.J., Menossi, O.C.C., Freitas, T.M., Silva, M.D.P., & Portella, M.C. 2015. Short periods of food restriction do not affect growth, survival or muscle development on pacu larvae. *Aquaculture*, 436, 137 – 142. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.11.004.
- Küçük, E., Aydin, I., Polat, H., Eroldoğan, O.T., & Sahin, T. 2014. Effect of feeding frequency on growth, feed efficiency and nutrient utilization of juvenile flounder (*Platichthys flesus luscus*). *Aquaculture International*, 22, 723 – 732. Doi: 10.1007/s10499-013-9701-2.
- Li, X.F., Tian, H.Y., Zhang, D.D., Jiang, G.Z., & Liu, W.B. 2014. Feeding frequency affects stress, innate immunity and disease resistance of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Fish and Shellfish Immunology*, 38, 80 – 87. Doi:10.1016/j.fsi.2014.03.005.
- López-Albors, O., Ayala, M.D., García-Alcázar, A., Abdel, I., Abellán, E., Ramírez-Zarzosa, G., & Gil, F. 2005. Revisión: Desarrollo y crecimiento de la musculatura axial de la lubina *Dicentrarchus labrax* L. *Anatomía Veterinaria*, 21, 35 – 54.
- Morshedi, V., Kochanian, P., Bahmani, M., Yazdani, M.A., Pourali, H.R., Ashouri, Gh., & Pasha-Zanoosi, H. 2017. Cyclical short-term starvation and refeeding provokes compensatory growth in sub-yearling Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, 1869. *Animal Feed Science and Technology*, 232, 207 – 214. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.10.005.
- Mozanzadeh, M.T., Marammazi, J.G., Yaghoubi, M., Yavari, V., Agh, N., & Gisbert, E. 2017. Somatic and physiological responses to cyclic fasting and re-feeding periods in sobaity sea bream (*Sparidentex hasta*, Valenciennes 1830). *Aquaculture Nutrition*, 23, 181 – 191. Doi: 10.1111/anu.12379.

- Okorie, O.E., Bae, J.Y., Kim, K.W., Son, M.H., Kim, J.W., & Bai, S.C. 2013. Optimum feeding rates in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, at the optimum rearing temperature. *Aquaculture Nutrition*, 19, 267 – 277. *Doi*:10.1111/j.1365-2095.2012.00956.x.
- Paperna, I. 1991. Diseases caused by parasites in the aquaculture of warm water fish. *Annual Review of Fish Diseases*, 1, 155 – 194. *Doi*:10.1016/0959-8030(91)90028-i.
- Peres, H., & Oliva-Teles, A. 2005. Protein and energy metabolism of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles and estimation of maintenance requirements. *Fish Physiology and Biochemistry*, 31, 23 – 31. *Doi*:10.1007/s10695-005-4586-2.
- Peres, H., Santos, S., & Oliva-Teles, A. 2011. Lack of compensatory growth response in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles following starvation and subsequent refeeding. *Aquaculture*, 318, 384 – 388. *Doi*:10.1016/j.aquaculture.2011.06.010.
- Roo, J., Fernández-Palacios, H., Hernández-Cruz, C.M., Mesa-Rodríguez, A., Schuchardt, D., & Izquierdo, M. 2014. First results of spawning and larval rearing of longfin yellowtail *S. rivoliana* as a fast-growing candidate for European marine finfish aquaculture diversification. *Aquaculture Research*, 45, 689 – 700. *Doi*:10.1111/are.12007.
- Roque Hernández, D., Barrios, C.E., Santinón, J.J., Sánchez, S., & Baldisserotto, B. 2018. Effect of fasting and feeding on growth, intestinal morphology and enteroendocrine cell density in *Rhamdia quelen* juveniles. *Aquaculture Research*, 49, 1512 – 1520. *Doi*:10.1111/are.13606.
- Shah, S.Q.A., Hussain, M.Z., Ali, M., & Salam, A. 2017. Effects of stress conditions on body composition parameters of farmed rohu (*Labeo rohita*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 471 – 476. *Doi*:10.4194/1303-2712-v17_3_03.
- Shaibani, M.E., Amiri, B.M., & Khodabandeh, S. 2013. Starvation and refeeding effects on pyloric caeca structure of Caspian salmon (*Salmo trutta caspius*, Kessler 1877) juvenile. *Tissue and Cell*, 45, 204 – 210. *Doi*: 10.1016/j.tice.2013.01.001.
- Smith-Vaniz, W.F. 2003. Carangidae. *En*, FAO species identification sheets for fishery purposes (Carpenter, K.E. *Editores*). Pp 2741. Western Central Atlantic. FAO, Roma, Italia.
- Tucker, J.W. 1998. Marine Fish Culture. Harbor Branch Oceanographic Institution and Florida Institute of Technology. Kluwer Academic Publishers. *Doi*:10.1007/978-1-4615-4911-6.
- Türkmen, S., Eroldoğan, O.T., Yilma, H.A., Ölçülü, A., Kiris, G.A., Erçen, Z., & Tekelioğlu, N. 2012. Compensatory growth response of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) under cycled starvation and restricted feeding rate.

Aquaculture Research, 43, 1643 – 1650. *Doi:* 10.1111/j.1365-2109.2011.02970.x.

Van Dijk, P.L.M., Hardewig, I., & Holker, F. 2005. Energy reserves during food deprivation and compensatory growth in juvenile roach: the importance of season and temperature. *Journal of Fish Biology*, 66, 167 – 181. *Doi:*10.1111/j.0022-1112.2005.00590.x.

WoRMS. (2018, 06 09). <http://www.marinespecies.org>. Retrieved from <http://www.marinespecies.org>:
<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=126818>

Yengkokpam, S., Debnath, D., Pal, A.K., SAhu, N.P., Jain, K.K., Norouzitallab, P., & Baruah, K. 2013. Short-term periodic feed deprivation in *Labeo rohita* fingerlings: Effect on the activities of digestive, metabolic and anti-oxidative enzymes. *Aquaculture*, 412 – 413, 186 – 192. *Doi:*10.1016/j.aquaculture.2013.07.025.

10. ANEXOS



Figura 4. Recolección de alimento no consumido y regurgitado.



Figura 5. Peces de tanque rectangular esperando la hora de alimentación.



Figura 6. Desparasitación externa de los huayaipes en baldes de 18 L



Figura 7. Preparación de tanque circular para la llegada de los peces juveniles *S. rivoliana*.



Figura 8. Momento de la alimentación ad libitum en los tanques circulares de peces juveniles *S. rivoliana*.



Figura 9.: Limpieza y preparación de tanque previa a la llegada de los huayaipes "*S. rivoliana*"



Figura 10. Extracción de arena salada de la playa Balsamaragua ubicada en Jaramijó.



Figura 11. Acoplamiento de tanque en la cama de arena improvisada.



*Figura 12. Aclimatación de peces *S. rivoliana* en tanque circular de 5 t.*



Figura 13. Limpieza y desinfección de las mangueras y tubos utilizados en la experimentación.



*Figura 14. Estudiantes de la carrera de Acuicultura colaborando en el recibimiento de los juveniles *S. rivoliana*.*