



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad De Ingeniería Marítima Y Ciencias Del Mar

DETERMINACIÓN DE PATRONES DE CRECIMIENTO ALOMÉTRICO EN
EL DESARROLLO TEMPRANO DEL HUAYAÍPE (*Seriola rivoliana*) EN
CONDICIONES DE LABORATORIO.

PROYECTO INTEGRADOR

PREVIO LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:

INGENIERO ACUÍCOLA

PRESENTADO POR:

GUANOPATIN TUTASIG ANGIE CRISTINA

TERREROS RIOS ARNOLD DAVID

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
College of Maritime Engineering and Sea Science

DETERMINATION OF ALLOMETRIC GROWTH PATTERNS DURING
EARLY DEVELOPMENT OF ALMACO JACK (*Seriola rivoliana*) IN
LABORATORIES CONDITIONS

CAPSTONE COURSE

A project submitted in partial fulfillment of the requirements for the
degree of:

Aquaculture Engineer

By:

ANGIE CRISTINA GUANOPATÍN TUTASIG

ARNOLD DAVID TERREROS RÍOS

GUAYAQUIL - ECUADOR

2022

DEDICATORIA

Recorrer el camino para llegar a la meta no fue fácil, en el transcurso de mi carrera universitaria se presentaron muchos obstáculos que sin la Bendición de Dios no los hubiese superado, por su infinita misericordia hoy estoy aquí, él me permitió hacer realidad este sueño y abrió las puertas para que todo se dé de acuerdo a los planes que tiene destinados para mí.

A los dos pilares más importantes en mi vida que han sido mi apoyo incondicional en todo momento mis padres Liliana y Fernando que siempre creyeron en mí, gracias a todos sus esfuerzos constantes he podido culminar mi carrera por eso mis logros alcanzados también son los de ellos, me han enseñado que todo sacrificio tiene su recompensa y son mi fortaleza que me impulsa a ser mejor.

A esa persona que a pesar de la distancia desempeña el papel de madre y la considero como tal ya que siempre está pendiente de mi bienestar, haciéndome sentir que soy muy afortunada de poder contar con ella mi tita Janeth Tutasig.

A mis dos viejitos mi abuelito José Tutasig que en vida fue un hombre bondadoso y mi abuelita Dolores Catota porque detrás de cada buen hombre hay una gran mujer, ellos siempre han sido un ejemplo de hogar y de amor para toda la familia.

A mi tío Hugo Tutasig por su predisposición en todo momento y al más grande regalo que me dio la vida mi moi chiquito Andrea Guanopatin mi pequeña hermanita.

A mi ángel de la guarda mi hermano Alejandro Tutasig y a mi tío José Luis Tutasig aunque no puedan estar conmigo sé que desde el cielo me cuidan y me guían,

A toda mi familia porque tengo la dicha de contar con su cariño.

Angie Guanopatin

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han hecho parte de su familia y me han permitido compartir con ellas; a la Familia Chimarro Vargas - Vargas Yagual un infinito gracias por toda su generosidad y cariño durante mi estadía en Santa Elena. Por todos los momentos que vivimos desde que iniciamos este camino a Juliana Jaramillo, Ángel del Rosario y a su hermosa familia.

A las personas que de una u otra forma me han demostrado su cariño sincero: mi Tío Rodrigo Tutasig, Leonardo Panta (El que nada sabe, nada teme), Martha Yugsi, Valeria Chamorro y mi personita especial Matias Tutasig.

En general a mis profesores por sus enseñanzas y sus conocimientos impartidos, a mi tutor Wilfrido Arguello PhD. por su paciencia a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Un agradecimiento especial a CENAIM – ESPOL por permitirnos realizar nuestra investigación en sus instalaciones y al área de laboratorio de piscicultura por su colaboración durante el desarrollo de nuestro proyecto.

Si alguien se me pasó por alto recuerden que a todos los llevo en mi corazón.

Angie Guanopatin

DEDICATORIA

A Dios, sin él nada de esto sería posible.

A mis padres, Dennys Rosalva Ríos López y Angel Armando Terreros Bersosa por haberme dado la vida e inculcarme los mejores valores y principios para ser una persona de bien, brindándome su absoluto apoyo para seguir adelante y cumplir mis metas tanto personales como académicas

Arnold Terreros

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor sentimiento de agradecimiento al PhD. Wilfrido Arguello, tutor de nuestro proyecto, por la confianza, el soporte y sus aportes de conocimiento para la realización de este trabajo en CENAIM.

Especial agradecimiento a mi prima Katherine Ninoska Alvarado Terreros por ser mi apoyo incondicional en una ciudad desconocida y estar a mi lado en todo momento cuidándome.

A mis amigos Josseline De la Cruz, Gary Suarez Mendieta, Victor Omar Padilla, Johnny Castillo, Franklin Duarte, Joselyn Bello, Melanie Cruz, Kelly Torres, Fabio Romero, Christopher Jouvin, John Espinoza, María Alexandra Morales, Carlos Freire, Cristhian Soriano, Daniel Vargas, Jefferson Lombeida, Andrea Guerra, Cindy Mendoza, Daniel Aspiazu, Roy Ángel, Sebastián Ramírez, Azael Sánchez, Emilio Mosquera, Kevin Gallegos y Jorge Espinosa; que sin ser estudiantes de la misma facultad, me ayudaron de alguna forma u otra durante todo mi recorrido universitario en ESPOL.

Sincero agradecimiento a mis colegas de la carrera Cristhian Ochoa, Bryan Chulli y Angie Guanopatin por su colaboración en mi formación como profesional.

Arnold Terreros

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Angie Guanopatin y Arnold Terreros y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Angie Cristina Guanopatin
Tutasig

Arnold David Terreros
Ríos

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**WILFRIDO ERNESTOARGUELLO
GUEVARA**

Wilfrido Argüello, Ph.D.

TUTOR Y PROFESOR DE LA MATERIA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo la Determinación de patrones de crecimiento alométrico en el pez conocido como Huayaípe (*Seriola Rivoliana*). Larvas de *S. rivoliana* fueron obtenidas por desoves espontáneos y cultivadas en dos tanques de 1 TM bajo el protocolo de larvicultura de CENAIM. El cultivo tuvo una duración de 30 días. Diariamente se tomaron 10 – 15 larvas por tanque. Las larvas fueron fijadas y mantenidas hasta el momento de registrar la biometría. Se utilizaron 8 caracteres morfométricos: longitud total, longitud de la cola, longitud y altura del tronco, longitud de la boca, longitud y altura de la cabeza y diámetro del ojo. Las observaciones se realizaron bajo un microscopio óptico. Los datos fueron sometidos a regresión lineal considerando la longitud total versus las mediciones de los caracteres morfométricos. El crecimiento de las larvas fue exponencial bajo la ecuación $Y=2,3161 e^{0,0829X}$ ($r^2 = 0,99$). La longitud del tronco presentó un crecimiento alométrico negativo. Se identificaron 5 fases de desarrollo larval; larvas con saco vitelino, pre-flexión, flexión y post-flexión de la notocorda y juvenil. Determinar el crecimiento alométrico y su relación con el desarrollo de las larvas de huayaípe permitirá ajustar el protocolo de manejo para la producción a nivel comercial de la especie e incentivar la diversificación acuícola del Ecuador.

Palabras Clave: Pez Huayaípe, alometría, crecimiento, desarrollo, morfología.

ABSTRACT

*The objective of this research was to determine allometric growth patterns in the fish known as Huayaibe (*Seriola rivoliana*). Larvae of *S. rivoliana* were obtained by spontaneous spawning and cultured in two 1 MT tanks under the CENAIM larviculture protocol. The culture lasted 30 days. Daily 10 - 15 larvae were taken per tank. The larvae were fixed and kept until the time of recording biometry. Eight morphometric characters were used: total length, tail length, trunk length and height, mouth length, head length and height, and eye diameter. Observations were made under an optical microscope. Data were subjected to linear regression considering total length versus morphometric character measurements. Larval growth was exponential under the equation $Y=2.3161e0.0829X$ ($r^2 = 0.99$). Trunk length presented negative allometric growth. Five larval developmental stages were identified; larvae with yolk sac, pre-flexion, flexion and post-flexion of the notochord and juvenile. Determining allometric growth and its relationship with the development of huayaibe larvae will allow adjusting the management protocol for commercial production of the species and encourage aquaculture diversification in Ecuador.*

Keywords: *Huayaibe fish, allometry, growth, development, morphology.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	xv
ABSTRACT	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ABREVIATURAS.....	xiii
SIMBOLOGÍA.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
CAPÍTULO 1.....	17
1. Introducción	17
1.1 Descripción del problema	18
1.2 Justificación del problema	19
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
1.4 Marco teórico.....	20
1.4.1 La Alometría y el crecimiento.....	20
1.4.2 Crecimiento en especies marinas y su relevancia en el mundo actual ..	21
1.4.3 La <i>Seriola Rivoliana</i> , (pez huayaípe); anatomía y fisiología.....	22
CAPÍTULO 2.....	23
2. Metodología	23
2.1 Cultivo de larvas de huayaípe	23
2.2 Preparación de las muestras.....	24
2.3 Mediciones	24
CAPÍTULO 3.....	26
3. Resultados Y ANÁLISIS	26
3.1 Desarrollo	26

3.2	Periodo larvario	28
3.2.1	Larva con saco vitelino	28
3.2.2	Etapa de preflexion	29
3.2.3	Etapa de flexión	29
3.2.4	Etapa de postflexión	30
3.2.5	Etapa juvenil	30
3.3	Crecimiento alométrico.....	31
3.4	Costos	41
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	42
4.1	Conclusiones.....	42
4.2	Recomendaciones.....	43
	BIBLIOGRAFÍA.....	45

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
LT	Longitud total
AT	Altura del tronco
LT 1	Longitud del tronco
LC	Longitud de la cabeza
AC	Altura de la cabeza
DO	Diámetro del ojo
LB	Longitud de la boca
DPE	Días post eclosión
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

SIMBOLOGÍA

mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
P	Fósforo
mm	Milímetro
ml	Mililitro
L	Litro
Kg	Kilogramo
°C	Grados centígrados

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 <i>Seriola Rivoliana</i> , (pez huayaie).....	22
Figura 2.2 Esquema de regímenes de alimentación suministrado en el cultivo de larvas de huayaie días después de la eclosión. Basado en (M. Bohórquez - Cruz, 2018).....	24
Figura 2.3 Caracteres morfométricos medidos en <i>Seriola rivoliana</i> ; a) Larva de 0 - 2 días después de la eclosión.	25
Figura 2.4 Caracteres morfométricos medidos en <i>Seriola rivoliana</i> ; b) Larva de 3 – 25 días después de la eclosión.	26
Figura 3.5 Principales cambios en la longitud total durante el desarrollo larvario de <i>Seriola rivoliana</i> desde la eclosión hasta los 30 DPE donde las barras de error simbolizan la desviación estándar de la media	27
Figura 3.6 Desarrollo temprano de <i>Seriola rivoliana</i> desde el día 0 DPE hasta el día 30 DPE.	31
Figura 3.7 Preflexión, Longitud del tronco. Edad 3 -11 DPE	33
Figura 3.8 Preflexión, Altura del Tronco. Edad 3 -11 DPE	33
Figura 3.9 Preflexión, Longitud de la Cabeza. Edad 3 -11 DPE	33
Figura 3.10 Preflexión Altura de la cabeza. Edad 3 -11 DPE	33
Figura 3.11 Preflexión Longitud de la Cola. Edad 3 -11 DPE	33
Figura 3.12 Preflexión Longitud de la Boca. Edad 3 -11 DPE	33
Figura 3.12 Preflexión Diámetro del Ojo. Edad 3 -11 DPE	34
Figura 3.13 Flexión, Longitud del tronco. Edad 12 – 13 días DPE	35
Figura 3.14 Flexión, Altura del tronco. Edad 12 – 13 días DPE.....	35
Figura 3.15 Flexión, Longitud de la boca. Edad 12 – 13 días DPE	35
Figura 3.16 Flexión, Atura de la Cabeza. Edad 12 – 13 días DPE	35
Figura 3.17 Flexión, Longitud de la Cola. Edad 12 – 13 días DPE.....	35
Figura 3.18 Flexión, Longitud de la Boca. Edad 12 – 13 días DPE	35
Figura 3.19 Flexión, Diámetro del Ojo. Edad 12 – 13 días DPE	36
Figura 3.20 Post flexión, Longitud del tronco. Edad 14 – 21 días DPE	37

Figura 3.21 Post flexión, Altura del tronco. Edad 14 – 21 días DPE.....	37
Figura 3.22 Post flexión, Longitud de la Cabeza. Edad 14 – 21 días DPE	37
Figura 3.23 Post flexión, Altura de la Cabeza. Edad 14 – 21 días DPE	37
Figura 3.24 Post flexión, Longitud de la Cola. Edad 14 – 21 días DPE	37
Figura 3.25 Post flexión, Longitud de la Boca. Edad 14 – 21 días DPE	37
Figura 3.20 Post flexión, Diámetro del Ojo. Edad 14 – 21 días DPE.....	38
Figura 3.21 Juvenil, Longitud del tronco. Edad 24 – 30 días DPE.....	39
Figura 3.22 Juvenil, Altura del tronco. Edad 24 – 30 días DPE.....	39
Figura 3.23 Juvenil, Altura de la Cabeza. Edad 24 – 30 días DPE.....	39
Figura 3.24 Juvenil, Longitud de la Cola. Edad 24 – 30 días DPE	39
Figura 3.25 Juvenil, Longitud de la Boca. Edad 24 – 30 días DPE	39
Figura 3.26 Juvenil, Diámetro del Ojo. Edad 24 – 30 días DPE	40
Figura 3.27 Crecimiento, Longitud del tronco.....	40
Figura 3.28 Crecimiento, Altura del tronco.	40
Figura 3.29 Juvenil, Longitud de la Cabeza.....	41
Figura 3.30 Juvenil, Altura de la Cabeza.....	41
Figura 3.31 Juvenil, Longitud de la Cola.	41
Figura 3.32 Juvenil, Longitud de la Boca.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Abreviatura y descripción de los caracteres morfométricos medidos durante el desarrollo larvario de <i>Seriola rivoliana</i>	25
Tabla 3.2 Mínimo (min), máximo (máx), media (X) y desviación estándar (DE) datos del largo total durante el desarrollo larvario de larvas y juveniles de <i>Seriola rivoliana</i>	27
Tabla 3.3 Características morfológicas de las larvas con saco vitelino	28
Tabla 3.4 Características morfológicas de las larvas en etapa de preflexión.	29
Tabla 3.5 Características morfológicas de las larvas en etapa de flexión.	30
Tabla 3.6 Características morfológicas de las larvas en etapa de postflexión.	30
Tabla 3.7 Características morfológicas de las larvas en etapa juvenil.	31
Tabla 3.8 Fases de desarrollo, edad 3 – 11 días DEP.	32
Tabla 3.9 Fases de desarrollo, edad 12– 13 días DEP.	34
Tabla 3.10 Fases de desarrollo, edad 14 – 21 días DEP.	36
Tabla 3.11 Fases de desarrollo, edad 24 – 30 días DEP.	38
Tabla 3.12 Estudio de patrón de crecimiento alométrico del pez huayaípe en sus fases larvarias.....	42

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los beneficios económicos y sociales que aporta la actividad acuícola a nivel mundial han captado el interés de autoridades y de la población en general. Asimismo, la adecuada explotación de recursos naturales ha fomentado el crecimiento de un mercado comercial potencialmente rentable que hasta hace algunas décadas era relegada a pequeños productores que consumían o comercializaban a niveles ínfimos el producto que obtenían de dichas prácticas. A través de los años, la acuicultura y piscicultura han tenido un desarrollo consecutivo para convertirse en una actividad productiva rentable. La pesca misma, es una actividad que desde los inicios del hombre ha estado presente en su progreso, e hizo que éste desarrollara técnicas que le permitiesen subsistir con los recursos del medio ambiente en el cual se encontraba. Por tanto, la captura y crianza de peces se puede considerar como parte esencial en la evolución e historia del ser humano.

A medida que las civilizaciones y la tecnología avanzaron, se comenzaron a desarrollar técnicas de producción para cultivo de especies acuícolas en gran escala. Y es hasta las últimas décadas del siglo pasado que la acuicultura ha dado pasos agigantados en la investigación e implementación de prácticas que permitan incrementar exponencialmente la cría como forma de incentivar la producción, aumentando el cultivo y comercialización de especies marinas para consumo.

Reunir las condiciones adecuadas para aprovechar los recursos naturales disponibles en pro de garantizar un producto adecuado para el consumo, con estándares de calidad y con valor nutricional adecuado depende de muchos factores. Si bien es conocido que es inmensa la variedad de peces y ecosistemas acuáticos naturales y artificiales en los cuales se pueden desarrollar la actividad acuícola, a ello se le debe considerar la amenaza constante de agentes externos y patológicos que afecten el desarrollo de una especie desde su estado larvario.

Es bien conocido que, así como la variedad de especies de peces aptos para consumo es inmensa, las características morfológicas de algunos los hacen muy distinguidos. La presente investigación está centrada en estudiar las variaciones en la anatomía de la especie *Seriola rivoliana*, (pez huayaípe), sometido a condiciones de cautividad. Para los

investigadores, la observación directa es la técnica que permitirá validar como afectan los factores externos controlados la línea evolutiva de dicha especie. De tal manera que; permita determinar los patrones de crecimiento que permitan optimizar las condiciones de cultivo. De tal manera que se pueda determinar el modelo de desarrollo en la especie citada, desde su etapa más joven. Resaltando los aspectos que puedan afectar de manera positiva o negativa la rapidez de crecimiento, supervivencia, patologías, calidad comercial, entre otras.

Monitorear el crecimiento alométrico de cualquier especie supone un reto; sobre todo porque las buenas prácticas deben ser la premisa durante toda la investigación. Mantener la observación metódica y registrar detalladamente las variaciones en el tamaño de la *Seriola rivoliana*, (pez huayaípe), se constituyen en una guía para que investigadores puedan determinar de manera fácil las diferentes escalas de crecimiento de partes del cuerpo del pez, elaborando tablas comparativas y estableciendo medias que sirvan de ejemplo que contribuyan a mejorar el manejo las condiciones de alimentación y cultivo entre otras.

Con base en lo anterior, se puede mencionar que existen muchos indicativos o variaciones en el crecimiento diferencial de los tejidos, órganos y fisionomía en general de cualquier especie que son visibles y constituyen un aviso de alerta por malformaciones que pueden ser de origen genético o a causa de factores ambientales o de alimentación. Para ello, este trabajo se centra específicamente en parametrizar las proporciones dimensionales de las partes del cuerpo del pez huayaípe.

1.1 Descripción del problema

Establecer los patrones de crecimiento para cualquier especie de ser vivo supone un reto, ya que son innumerables los cambios físicos que se experimentan a través de los diferentes estados en su ciclo de vida. Estos cambios no necesariamente van a definir el individuo, pero si pueden limitarlo funcionalmente, comprometiendo funciones motrices y sensoriales. Y durante el proceso evolutivo, cada especie por las características propias de su naturaleza ha adaptado su estructura física según los requerimientos de su entorno. De tal manera que les permitan sobrevivir a agentes externos que supongan amenazas. Asimismo, las especies poseen características comunes que les hacen únicos y distinguidos, no obstante, se pueden presentar variaciones o alteraciones morfológicas durante el proceso de desarrollo.

La semejanza anatómica que implica relación o correspondencia entre la forma y proporción de las distintas partes del cuerpo para la mayoría de los seres vivos se le conoce como alometría. El diccionario en línea de la Real Academia Española (RAE) conceptualiza el término de la siguiente manera, “1. f. Biol. Estudio del crecimiento relativo de un órgano respecto al del individuo en su totalidad, o del crecimiento diferencial de órganos análogos en especies diferentes.” (RAE, 2021). Si se analiza este concepto a grandes rasgos, la alometría busca establecer y comprender las variaciones en los cambios anatómicos y fisiológicos que se presentan en un organismo animal durante su crecimiento.

La falta de información sobre los cambios morfológicos del pez huayaípe ha tomado relevancia en los últimos años y existen todavía muchas incógnitas en torno a dicha variedad. Por lo anterior, en esta investigación se centra en determinar el patrón de crecimiento alométrico en la especie *Seriola rivoliana*, (pez huayaípe), ya que no se dispone de información precisa que sirva de guía en el proceso de monitoreo del crecimiento de esta especie en su etapa larvaria, y de cómo esto afecta su correcto desarrollo.

1.2 Justificación del problema

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), en conjunto con el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), buscan desarrollar investigaciones que permitan implementar en el mundo actual, a través de iniciativas y líneas de investigación como el programa de Salud Animal, Biodescubrimiento y Biodiversidad y Diversificación, la premisa de contribuir con el mejoramiento y desarrollo sustentable de la acuicultura y biodiversidad marina del Ecuador a través de la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la capacitación y la difusión. Por tanto, el aporte metodológico que esta investigación brinda es real, ya que a través de este se obtiene una guía que proporciona valor agregado al proceso de toma de decisiones.

Aunado a ello, las oportunidades que supone esta investigación en busca de desarrollar patrones de crecimiento como herramienta fundamental que sirva a su vez, para el seguimiento en las variaciones morfológicas del pez huayaípe y que ello permita, entre otras cosas, el monitoreo y medición de indicadores de salud y nutrición.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar los patrones de crecimiento alométrico durante el desarrollo temprano del Huayipe (*Seriola Rivoliana*).

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Registrar de manera sistemática las variaciones dimensionales en las proporciones del pez huayaipe durante la etapa larvaria.
2. Analizar matemáticamente las regresiones lineales de la relación longitud total versus mediciones de otras partes corporales.
3. Establecer un modelo de curva de crecimiento ajustado a los datos de longitud total durante la larvicultura de huayaipe.

1.4 Marco teórico.

1.4.1 La Alometría y el crecimiento

En relación al concepto de crecimiento, Hammond (1997), lo define como el aumento sistemático de peso o talla de los animales desde el nacimiento hasta su estabilización en la edad adulta, y desarrollo se define como las modificaciones que experimentan las proporciones, conformación, composición química, corporal y fisiológica del animal a medida que avanza la edad. No obstante, según Bas (1964), “el crecimiento es una transformación evolutiva” y hace sentido puesto que muchas partes o tejidos de un organismo no crecen con la misma rapidez ni en la misma proporción, lo cual origina que el efecto del crecimiento en el cuerpo de un ser vivo sea relativo y que dichos cambios morfogénéticos que tienen lugar por separado y en distintas líneas de tiempo se constituyen como la base de la alometría.

Aunado a lo anterior, para Sanchez y Gutierrez (2017), “La alometría es el estudio de la variación de las dimensiones anatómicas y fisiológicas en los seres vivos en tanto se correlacionan; esto permite aproximarse a la comprensión de los organismos como un todo y no como la suma de sus partes”. En este sentido, dichas variaciones no tienen solamente un efecto físico visible, sino también pueden afectar estructuras y/o funciones biológicas como ritmo cardiaco, circulación por diámetro de los vasos sanguíneos, motricidad, entre otras. Por ello que, en función de mantener un diseño anatómico funcionalmente equitativo, el organismo de cada especie trata de regular las diferentes

velocidades de crecimiento entre superficie y volumen con diseños que compensen esas diferencias.

1.4.2 Crecimiento en especies marinas y su relevancia en el mundo actual

La anatomía de especies marinas y los patrones de crecimiento de éstas se han ido desarrollando en las últimas décadas puesto que influyen directamente en un segmento de mercado en auge a nivel mundial como la piscicultura. En el caso específico de la cría, cultivo y consumo de pescado, en un artículo publicado por la Organización Mundial de la Salud (ONU), 2020, “El consumo mundial de pescado por individuo sigue creciendo y alcanzó una nueva cifra récord de 20,5 kg por año”. Y se prevé que la tendencia siga en aumento, tras la contracción de aproximadamente el 2% que hubo en el mercado de producción acuícola en el año 2020 a causa de la pandemia de Covid-19. Sumado a ello, factores que la han afectado a través de la historia como el cambio climático, la pesca ilegal, y algunos otros factores representan las principales amenazas para las especies marinas y el desarrollo de la acuicultura. Ya que el pescado es una de las principales fuentes de proteínas en la alimentación del planeta.

Para García et al., (2009) los modelos adaptativos de los seres vivos y su relación con conceptos como isometría y alometría en el proceso de determinación del tamaño y forma de estos, constituye la base para el estudio de variaciones morfogénicas de especies aisladas. Esto lo podemos ver reflejado en la investigación de Kupren (2013) cuyo estudio se centró en analizar el desarrollo morfológico y el crecimiento alométrico en larvas de *lota lota* bajo condiciones de laboratorio. A través del proceso investigativo tomo como referencia parámetros de muestras entre 1 y 50 días después de la eclosión y donde evidenció las complejas fases de morfogénesis de las muestras y como algunas partes de su cuerpo crecen de manera más rápida unas con respecto a las otras.

En el caso de Ecuador, la producción acuícola se encuentra supeditada por el cultivo de camarón, que es ya una actividad económica consolidada y que contribuye en gran medida con la economía ecuatoriana. El Ecuador ha venido implementando iniciativas para incursionar en el cultivo de ostras y de peces marinos, sin embargo, algunas de estas modalidades de maricultura se encuentran todavía en fases de desarrollo y experimentales. Sumado a ello, la falta de políticas e incentivos fiscales y económicos a los pequeños y grandes productores en aspectos relacionados con el suministro de la

seguridad de los cultivos hizo que el crecimiento de estas actividades no fuera tan acelerado y exponencial como el caso de Perú.

Según Blacio, Darquea y Rodríguez (2003) hace más de dos décadas en las instalaciones del CENAIM, un grupo de investigadores se ha dedicado a estudiar y desarrollar procesos de cultivo alternativo para dicha especie en colaboración con productores endógenos. Como toda investigación en desarrollo, ha sido un reto identificar los parámetros que permitan mejorar las tasas de supervivencia sobre todo en la fase de larvicultura. Dicha especie tiene un gran auge en la actualidad debido a los diferentes proyectos que se están desarrollando en torno a ella.

1.4.3 La *Seriola Rivoliana*, (pez huayaípe); anatomía y fisiología

El huayaípe, es una especie de pez teleósteo, es decir, tienen un premaxilar de alta movilidad e independiente del cráneo que les permite la protrusión de la mandíbula y les facilita sujetar a la presa y atraerla hacia la boca. Ideal para un carnívoro que se alimentan de peces más pequeños, como caballas, jureles, sardinas y calamares. De gran fuerza y nado veloz que tiende a ser migratorio debido a la búsqueda de alimento y para reproducción de la especie, Su aleta pectoral es casi de la misma longitud que la aleta pélvica, lleva dos espinas libres delante de la aleta anal. La aleta anal es más corta que la aleta dorsal, mientras que las espinas cortas de la primera aleta dorsal no están libres, sino interconectadas por una membrana. FAO (2020).

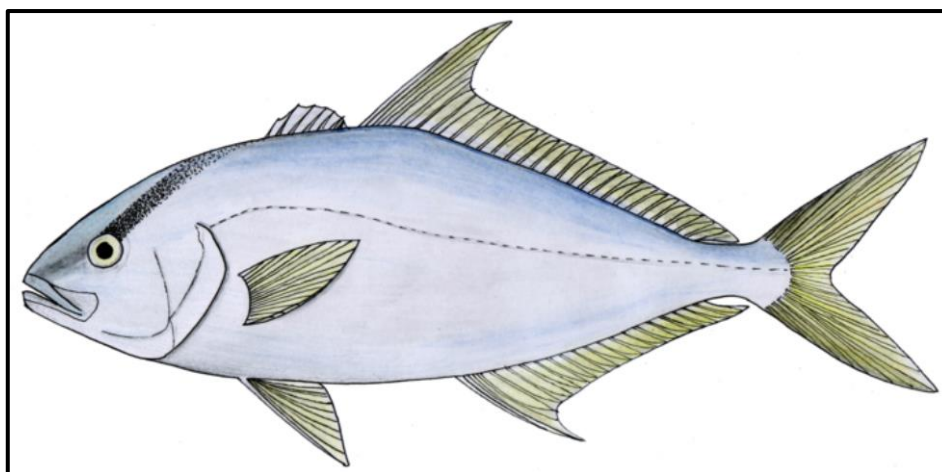


Figura 1.1 *Seriola Rivoliana*, (pez huayaípe).

Fuente: <https://www.fao.org/fishery/en/species/15250>, Lista de especies para propósitos estadísticos. “*List of Species for Fishery Statistics Purposes*”.

Se encuentra distribuido geográficamente en los océanos Índico y Pacífico (desde Kenia y Sudáfrica hasta las Islas Marianas, las Islas Ryukyu, Nueva Caledonia y desde los Estados Unidos hasta el Perú, incluyendo las Islas Galápagos, ONU (2020). Por lo anterior, el cultivo de peces nativos es una estrategia que ha sido impulsada como alternativa productiva sostenible, puesto que, contribuye a la seguridad alimentaria de la población y con el fomento de la economía al ser un producto con calidad de exportación.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El presente proyecto está basado en el desarrollo larvario del huayaípe, *Seriola rivoliana* y se llevó a cabo en el Laboratorio de Maduración de Piscicultura en CENAIM – ESPOL.

2.1 Cultivo de larvas de huayaípe

Las larvas fueron obtenidas mediante un desove espontáneo y mantenidas en condiciones controladas siguiendo el protocolo de CENAIM para la producción de larvas de peces marinos. Se trabajó con el desove N.º 82 (30-01-2022) del lote de reproductores RH6, en el exterior del laboratorio de piscicultura se colocaron dos tanques de color negro de 1 TM de volumen operable (réplica N1, réplica N2) con un sistema de flujo de agua continuo, en cada tanque se sembraron 60.000 larvas. Para el cultivo se mantuvo las siguientes condiciones; temperatura $26.16 \pm 0.49^{\circ}\text{C}$ y oxígeno disuelto 5.74 ± 0.2 mg/L. Se utilizó la técnica de aguas verdes mediante la adición de la microalga *Tetraselmis maculata* (cultivada en un fotobiorreactor) a una densidad entre 10.000 a 50.000 células/mL. Los primeros días post – eclosión (DPE) no se proporcionó alimento porque las larvas no cuentan con boca y absorben los nutrientes del saco vitelino. Una vez que se registró la apertura de la boca, se adicionó alimento vivo de forma gradual, las larvas fueron alimentadas con rotíferos desde el día 2 hasta el día 9, a partir del día 10 hasta el 17 se alimentó con nauplios de artemias, rotíferos, meta nauplios, y desde el día 18 en adelante se cambió a alimento artificial. (Figura 2.2)

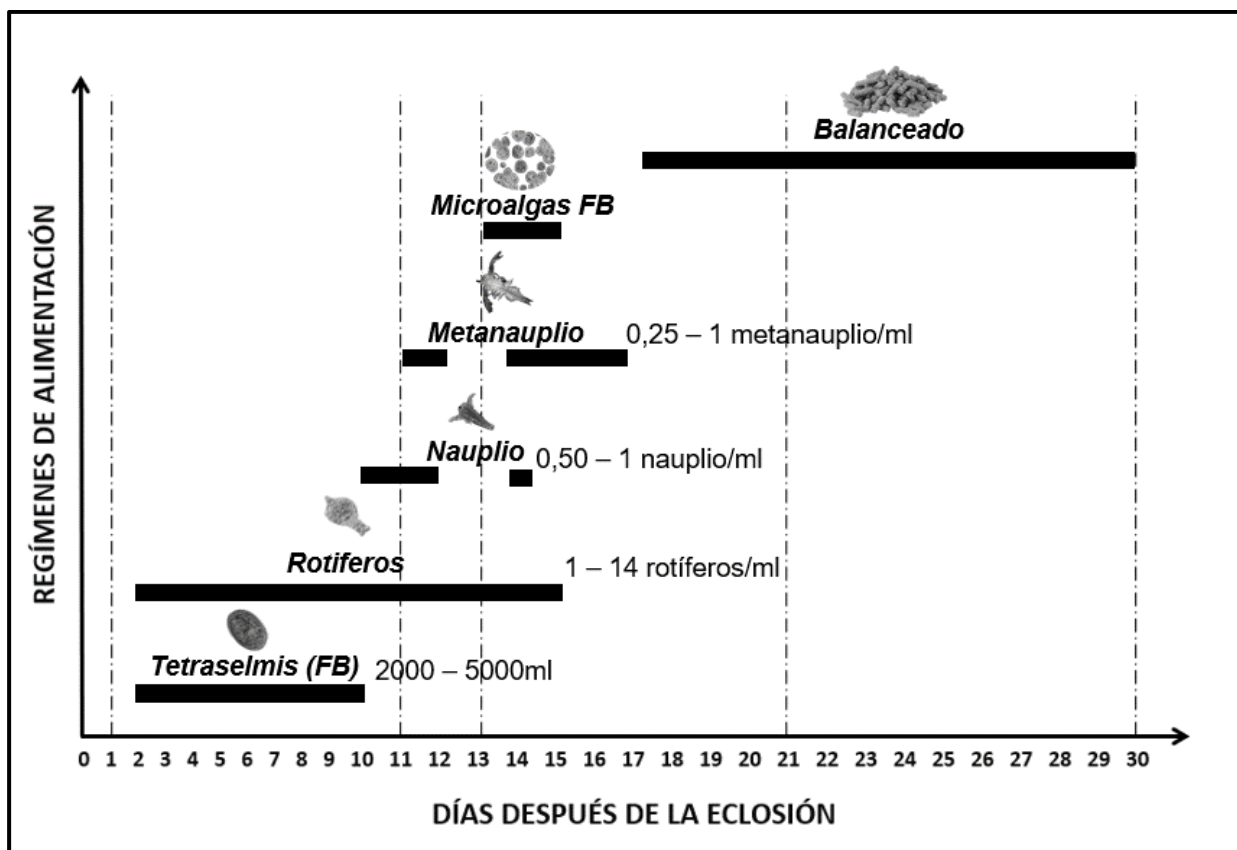


Figura 2.2 Esquema de regímenes de alimentación suministrado en el cultivo de larvas de huayaipé días después de la eclosión. Basado en (M. Bohórquez - Cruz, 2018)

2.2 Preparación de las muestras

Diariamente se tomaron 15 larvas de cada réplica, las cuales fueron fijadas en formalina 4% con buffer fosfato teniendo la precaución de embeber todo el contenido y mantenidas en oscuridad hasta el momento de la observación.

Previo a la observación en el microscopio las muestras fueron teñidas con hematoxilina, para quitar el formol de la muestra se enjuagó con agua destilada, luego se colocaron 10 gotas de hematoxilina por 15 segundos, una vez transcurrido el tiempo se enjuaga con agua destilada para quitar la hematoxilina de la muestra, una vez que se retiró toda la hematoxilina se dejó la muestra con agua destilada para observarla en el estéreo microscopio.

2.3 Mediciones

De las muestras previamente fijadas con formol desde el día 0 (eclosión) hasta el día 30 de manera aleatoria se tomaron 30 larvas por día (15 larvas por tanque N1 – N2). Las

larvas fueron medidas con ayuda del programa iWorks 2.0 y observadas en el estéreo microscopio Olympus SZ61 adjunto a una cámara digital.

Tabla 2.1 Abreviatura y descripción de los caracteres morfométricos medidos durante el desarrollo larvario de *Seriola rivoliana*.

Abreviaciones	Características	Descripciones
LT	Longitud total	Distancia desde la punta del hocico hasta el final de la aleta caudal.
AT	Altura del tronco	Medido al nivel de la aleta pectoral.
LT 1	Longitud del tronco	Distancia desde el final del opérculo hasta el ano.
LC	Longitud de la cabeza	Medido desde la punta del hocico hasta el margen posterior del opérculo.
AC	Altura de la cabeza	Distancia desde la parte inferior de la cavidad bucal hasta la parte superior de la cabeza.
DO	Diámetro del ojo	Medido a través del centro del ojo paralelo al eje principal del cuerpo.
LB	Longitud de la boca	Longitud del maxilar.

Se realizaron medidas morfométricas a cada larva desde el día 0 hasta el día 2 son (Figura 2.4 a): longitud total (LT), longitud estándar (LE), diámetro de la gota (DG), longitud del saco (LS), altura del saco (AS), altura del tronco (AT), longitud del tronco (LT1); a partir del día 3 hasta el día 25 las medidas fueron (Figura 2.4 b): longitud total (LT), longitud estándar (LE), longitud de la cabeza (LC), altura de la cabeza (AC), diámetro del ojo (DO), longitud de la boca (LB), longitud del tronco (LT1), altura del tronco (AT) y longitud de la cola (LC1). (Tabla 2.1) No se tomaron en cuenta las larvas anormales.

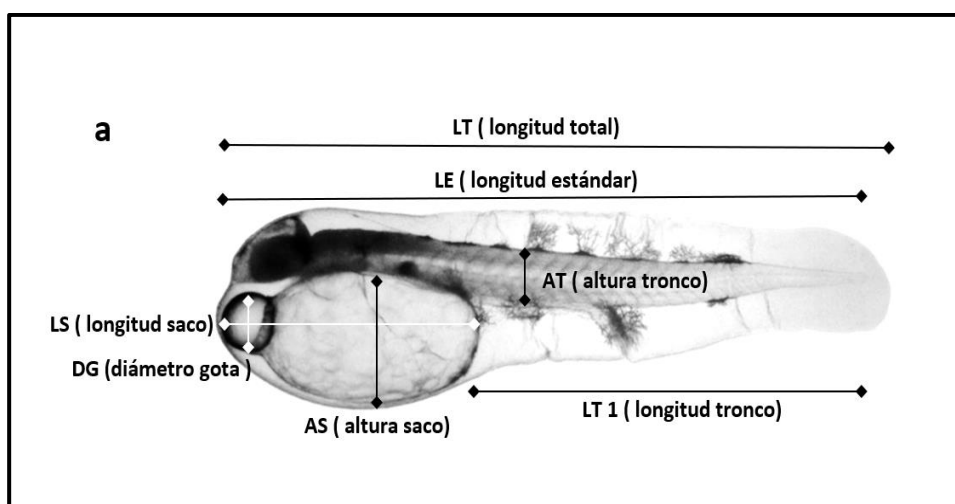


Figura 2.3 Caracteres morfométricos medidos en *Seriola rivoliana*; a) Larva de 0 - 2 días después de la eclosión. Basado en (Krzysztof Kupren M. P., 2014)

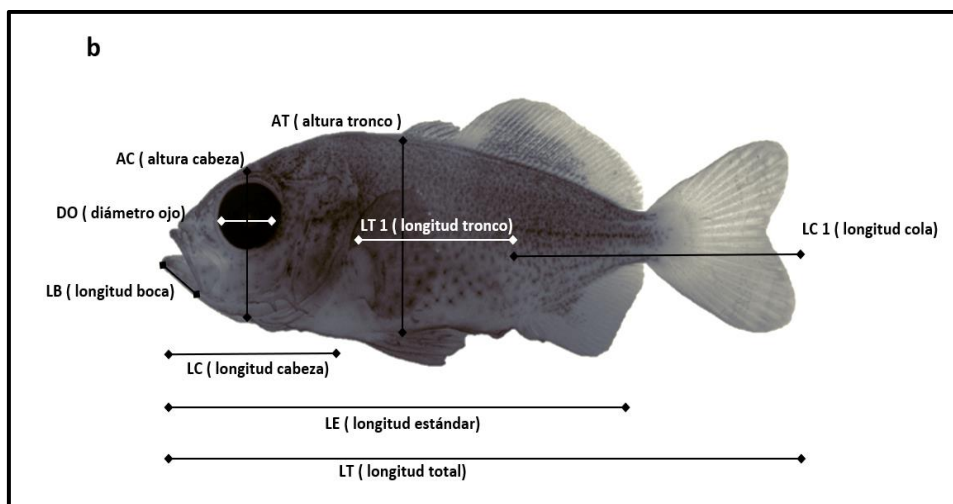


Figura 2.4 Caracteres morfométricos medidos en *Seriola rivoliana*; b) Larva de 3 – 25 días después de la eclosión. Basado en (Krzysztof Kupren M. P., 2014)

Con los datos de las mediciones de todos los parámetros morfométricos se establecieron las curvas de crecimiento exponencial y crecimiento alométrico utilizando regresiones entre los parámetros medidos.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Desarrollo

En el periodo de crecimiento temprano desde el día 0 DPE hasta el día 30 DPE de la *Seriola rivoliana* se distinguieron cinco etapas de desarrollo: larvas con saco vitelino, larvas en preflexión, larvas en flexión, larvas en postflexión y juveniles (Figura 6); las tres primeras etapas de desarrollo ontogenético están comprendidas desde la eclosión hasta el comienzo de la flexión de la notocorda y se caracterizan por presentar los cambios más notorios en las larvas. A partir del día 12 – 13 DPE se observa un elevado aumento de tamaño a consecuencia de diferentes factores externos como lo es el cambio de alimentación, incremento de la hidrodinámica del cultivo y variaciones en el comportamiento.

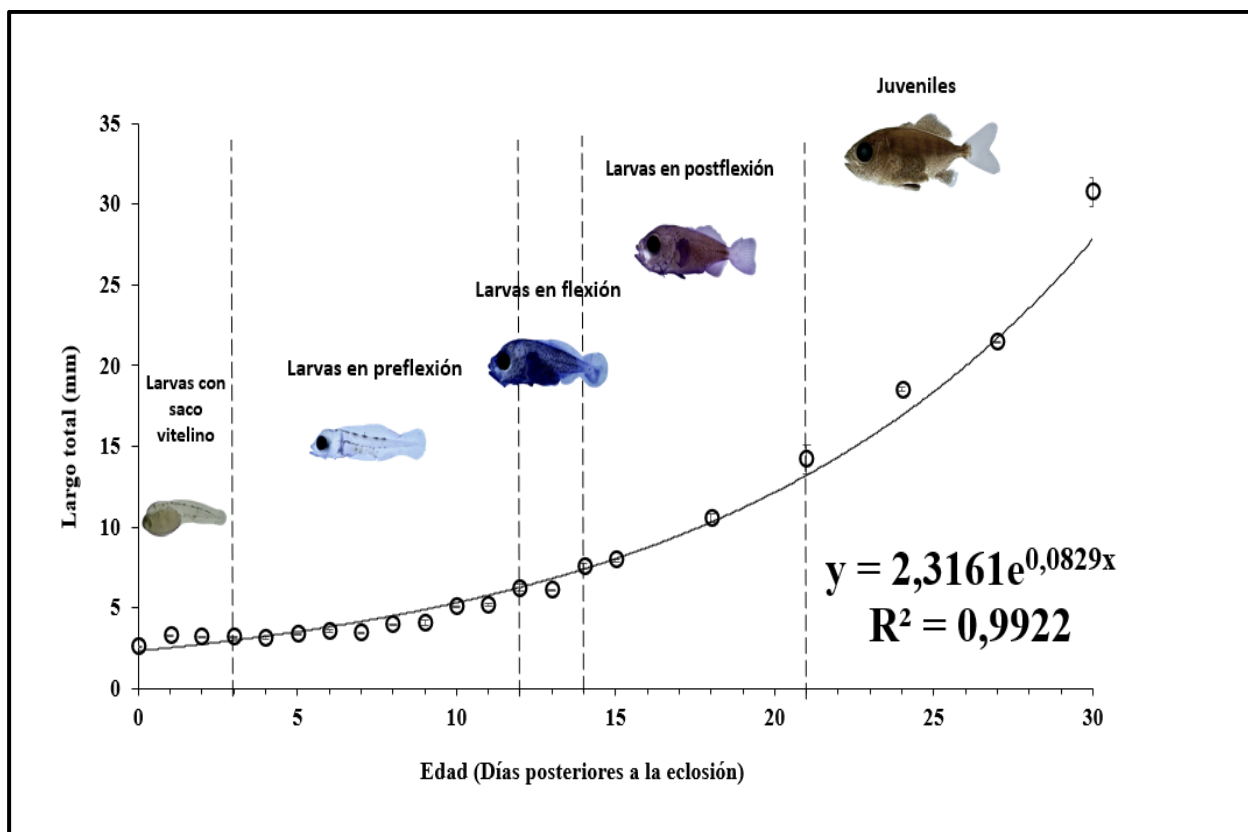


Figura 3.5 Principales cambios en la longitud total durante el desarrollo larvario de *Seriola rivoliana* desde la eclosión hasta los 30 DPE donde las barras de error simbolizan la desviación estándar de la media. Basado en (Krzysztof Kupren I. T.-Z., 2014)

En el periodo de crecimiento de *Seriola rivoliana* se observó una curva exponencial (Figura 3.6) lo que determinó un crecimiento continuo en la especie ($y = 2,3161 e^{0,0829x}$) donde “y” es la ecuación de la línea exponencial y el valor de “R²” es 0,9922 el cual representó un 99, 22% en comparación al largo total (mm) y la edad (días posteriores a la eclosión) esto nos indica que entre más cerca de 1 sea el valor de R² el crecimiento de la especie es positivo.

Tabla 3.21 Mínimo (min), máximo (máx), media (X) y desviación estándar (DE) datos del largo total durante el desarrollo larvario de larvas y juveniles de *Seriola rivoliana*. Basado en (Bastón de Ruineris Almada, 2021)

ETAPAS	DPH	LARGO TOTAL		
		Mín.	Máx.	X ± DE
Larva con Saco vitelino	0	2,227	2,829	2,624 ± 0,024
	1	3,177	3,360	3,265 ± 0,008
	2	3,018	3,317	3,182 ± 0,014
	3	2,996	3,406	3,204 ± 0,002
Preflexión	4	2,287	3,370	3,114 ± 0,075
	5	2,980	4,045	3,404 ± 0,011

	6	2,867	4,004	3,580 ± 0,081
	7	3,030	4,022	3,440 ± 0,041
	8	2,929	4,840	3,923 ± 0,018
	9	3,279	4,710	4,031 ± 0,166
	10	4,631	5,410	5,051 ± 0,030
	11	4,609	5,467	5,185 ± 0,063
Flexión	12	4,764	7,179	6,243 ± 0,252
	13	4,581	7,164	6,126 ± 0,011
	14	6,136	8,707	7,554 ± 0,166
Postflexión	15	6,177	9,781	7,939 ± 0,091
	18	7,695	15,439	10,558 ± 0,238
	21	10,104	17,155	14,180 ± 0,876
	24	14,976	22,918	18,551 ± 0,102
Juvenil	27	19,242	27,677	21,496 ± 0,031
	30	26,643	37,177	30,770 ± 0,868



Para realizar un análisis del periodo de crecimiento temprano se capturó desde el día 0 (eclosión) hasta el día 30 DPE una muestra de peces al azar un total de 620 individuos (n = 620), considerando el largo total (mm) y el estadio de la especie se calculó el mínimo, máximo, media y desviación estándar de cada día respectivamente. (Tabla3.2)

3.2 Periodo larvario

3.2.1 Larva con saco vitelino

En esta etapa no se distingue ningún órgano (apertura de la boca, los ojos y las hendiduras branquiales). Las larvas solo contaban con un saco vitelino grande de forma variada e irregular de donde absorben todos los nutrientes necesarios para su desarrollo. Una aleta vestigial rodeaba todo el cuerpo desde la parte dorsal de la cabeza hasta la parte ventral del saco, las larvas eran traslúcidas por la escasa pigmentación, pero en la parte dorsal y en el pliegue de la aleta se observan algunos melanóforos. (Tabla 3.3)

Tabla 3.3 Características morfológicas de las larvas con saco vitelino. Basado en (Krzysztof Kupren I. R., 2016)

LARVA CON SACO VITELINO		
EDAD	FOTOGRAFÍA	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
0 DPE		Presencia de saco vitelino, gota lipídica, notocorda y una aleta vestigial que rodea todo el cuerpo.
1 DPE		Saco vitelino y gota lipídica de menor volumen, aparición de las primeras pigmentaciones en la notocorda.

2
DPE



Saco vitelino y gota lipídica casi inexistentes, los ojos se encuentran pigmentados, ocurre la apertura de la boca, el intestino es funcional.

3.2.2 Etapa de preflexion

El saco vitelino se terminó de consumir en su totalidad en el día 3 DPE, las larvas en un tiempo posterior a la etapa de eclosión durante su desarrollo pasaron de una alimentación endógena a una exógena, el cuerpo de la larva tiene forma fusiforme, la notocorda al igual que algunos órganos se pueden diferenciar debido a que gradualmente se volvieron identificables; el ojo es redondo, la vejiga de gas se observó llena, además, la presencia de melanóforos aumentó en la zona ventral del músculo axial y en la parte dorsal del tubo digestivo, la boca ya se encuentra abierta pero carece de dientes, el opérculo va tomando forma al igual que la aleta dorsal, caudal y anal. (Tabla 3.4)


Tabla 3.42 Características morfológicas de las larvas en etapa de preflexión. Basado en (Krzysztof Kupren I. R., 2016)

LARVA EN PREFLEXIÓN		
EDAD	FOTOGRAFÍA	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
3 - 6 DPE		Larvas con el intestino lleno de alimento y crecimiento integral de las larvas. Incremento progresivo en la pigmentación del cuerpo. Se observa también a simple vista la cápsula ótica y los arcos branquiales.
7 – 11 DPE		La aleta vestigial se va diferenciando cada vez más en aleta caudal, dorsal, anal mientras que aparecen a la par los radios en las mismas. Son visibles también el complejo opercular (opérculo, preopérculo) y la maxila

3.2.3 Etapa de flexión

Esta etapa tuvo su comienzo a partir del día 12 DPE, todavía es visible la notocorda y la membrana embrionaria aún no se absorbe por completo, se empiezan a notar los radios de la aleta caudal en la zona ventral de la punta de la notocorda y la aleta pélvica, anal y dorsal tienen los radios pigmentados, aún se observa la vejiga natatoria, existe una cierta similitud con la etapa anterior en cuanto a la aleta pectoral, ojos, boca y forma del cuerpo, además la pigmentación sigue un esquema parecido a la etapa de preflexión. (Tabla 3.5)


Tabla 3.53 Características morfológicas de las larvas en etapa de flexión. Basado en (Krzysztof Kupren I. R., 2016)

LARVA EN FLEXIÓN		
EDAD	FOTOGRAFÍA	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
12 - 13 DPE		Larvas con el intestino lleno de alimento y crecimiento integral de las larvas. Incremento progresivo en la pigmentación del cuerpo. Se observa también a simple vista la cápsula ótica y los arcos branquiales.

3.2.4 Etapa de postflexión

Los cambios que se pueden observar en esta etapa no son tan drásticos, sin embargo, la notocorda aún se puede visualizar y también escasos restos de tejido embrionario en la zona ventral, la pigmentación es más notoria en la zona dorsal, en la parte media del cuerpo y en la cabeza, el opérculo al igual que la aleta dorsal, anal, caudal y ventral casi han completado su formación, los radios son más notorios en comparación a la etapa anterior pero todavía no están completos. (Tabla 3.6)


Tabla 3.64 Características morfológicas de las larvas en etapa de postflexión. Basado en (Krzysztof Kupren I. R., 2016)

LARVA EN POSTFLEXIÓN		
EDAD	FOTOGRAFÍA	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
14 - 21 DPE		Larvas con el intestino lleno de alimento y crecimiento integral de las larvas. Incremento progresivo en la pigmentación del cuerpo. Se observa también a simple vista la cápsula ótica y los arcos branquiales.

3.2.5 Etapa juvenil

En esta etapa es más fácil distinguir las partes del individuo debido a que están más desarrolladas en comparación con las etapas anteriores, el cuerpo ya no es traslúcido por lo tanto no es visible la notocorda, además los individuos tienen características similares a los adultos, las aletas dorsal, ventral, anal, caudal tienen sus radios y están definidas al igual que los opérculos, también se puede distinguir la línea lateral. (Tabla 3.7)

Tabla 3.75 Características morfológicas de las larvas en etapa juvenil. Basado en (Krzysztof Kupren I. R., 2016)

JUVENIL		
EDAD	FOTOGRAFÍA	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
22 - 30 DPE		Larvas con el intestino lleno de alimento y crecimiento integral de las larvas. Incremento progresivo en la pigmentación del cuerpo. Se observa también a simple vista la cápsula ótica y los arcos branquiales.

3.3 Crecimiento alométrico

Para realizar el cálculo del crecimiento alométrico de la especie *Seriola rivoliana* se utilizaron los datos de los caracteres morfométricos medidos, la fórmula es la siguiente $y = aL^b$ (Fuiman, 1983) donde: y es el carácter medido, a es el intercepto al eje x y b es el coeficiente de crecimiento; se considera un crecimiento isométrico cuando $b = 1$, cuando $b > 1$ el crecimiento es alométrico positivo y si $b < 1$ se considera crecimiento alométrico negativo. (Emanuel Martinez Momtano, 2013)

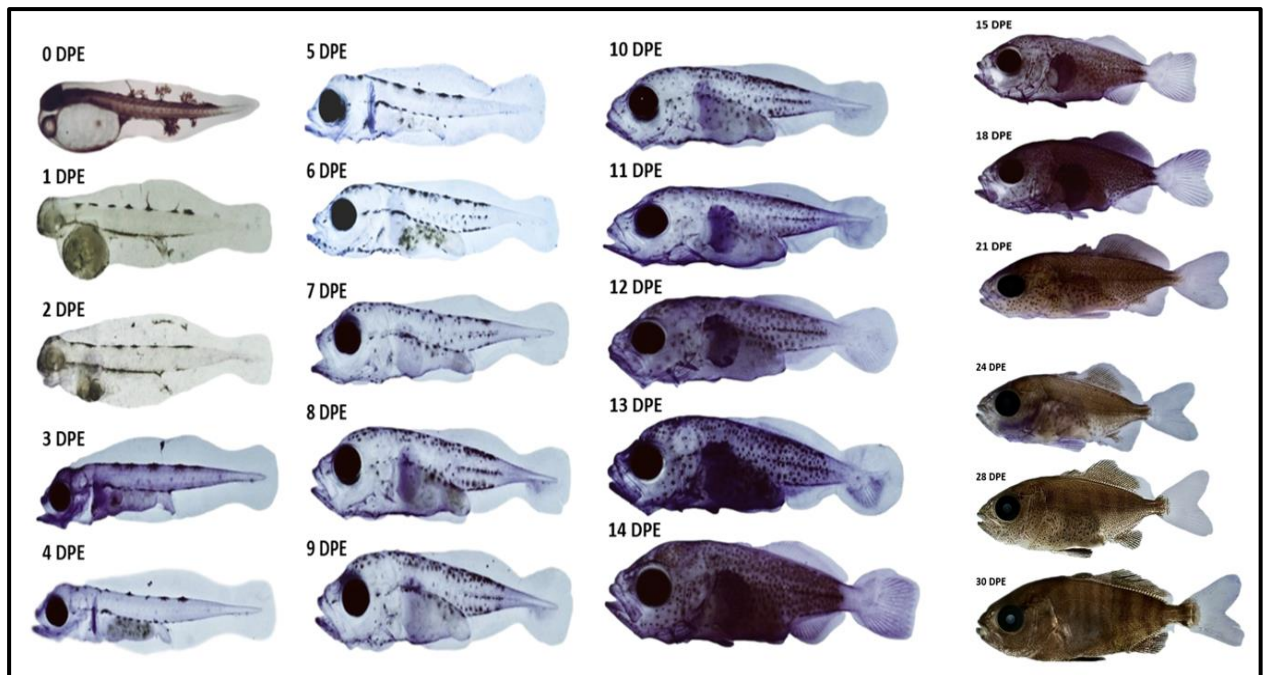


Figura 3.6 Desarrollo temprano de *Seriola rivoliana* desde el día 0 DPE hasta el día 30 DPE. Basado en (Bastón de Ruineris Almada, 2021)

Durante la primera fase, no es posible tener datos con exactitud sobre los cambios morfológicos de la muestra, ya que son casi imperceptibles. Este periodo; durante el día 1 y 2, se caracteriza por la presencia de saco vitelino, gota lipídica, notocorda y una aleta

vestigial que rodea todo el cuerpo. El saco vitelino y gota lipídica de menor volumen, aparición de las primeras pigmentaciones en la notocorda. Ya a partir del día 3, el saco vitelino y gota lipídica son casi inexistentes, los ojos se encuentran pigmentados, ocurre la apertura de la boca, el intestino es funcional. En esta parte del desarrollo la longitud total máxima de las muestras de larvas tomadas es de 3,3600 mm, el mínimo es de 2,2270 mm y la longitud promedio de una larva es de 3,0237 mm.

En la pre flexión, se comienzan a ver cambios más notables. Entre los días 3 y 6, se comienza a observar larvas con el intestino lleno de alimento y crecimiento integral. De igual manera incremento progresivo en la pigmentación del cuerpo y también a simple vista la cápsula ótica y los arcos branquiales. En esta fase, se comienzan a notar cambios físicos más evidentes en otras partes del cuerpo de la larva. A partir del día 7 y hasta el día 11 aproximadamente de la misma fase de pre flexión más cambios se siguen produciendo; la aleta vestigial se va diferenciando cada vez más en aleta caudal, dorsal y anal, mientras que aparecen a la par los radios en las mismas. Son visibles también el complejo opercular (opérculo, preopérculo) y la maxila. El máximo en la longitud total de la larva es de 5,4670 mm, la longitud mínima es de 2,2870 mm y en promedio es de 3,8811 mm.(Figura 3.6). Otras medidas obtenidas de la toma de datos desde el día 3, hasta el día 6 se ven representada en la tabla (3.8):

**Tabla 3.8 Fases de desarrollo, edad 3 – 11 días DEP.
(Medias máximas, mínimas y promedios expresados mm)**

Parámetro	Longitud Total	Longitud de la cabeza	Altura de la cabeza	Longitud de la cola	Altura de la cola	Longitud de la boca	Diámetro del ojo
Long. Max	5,4670	1,9400	1,7880	2,7090	0,8290	0,6980	0,7320
Long. Min	2,2870	0,0560	0,3130	0,7740	0,1320	0,0810	0,1980
Long. Prom	3,8811	1,0728	0,8681	1,3624	0,3707	0,3359	0,3930

Tomando de referencia la longitud total (LT) durante la etapa de pre flexión, se pudo visualizar que, la longitud del tronco y la altura del tronco presentan un crecimiento alométrico negativo, donde $b = 0,1519$; $r^2 = 0,7164$ y $b = 0,4993$; $r^2 = 0,9407$ respectivamente, mientras que la longitud de la cabeza tuvo un crecimiento alométrico positivo encontrando $b = 1,8331$, $r^2 = 0,9112$. La altura de la cabeza y la longitud de la cola que presentaron crecimiento alométrico negativo, $b = 0,4747$; $r^2 = 0,9622$ y $b = 0,5489$; $r^2 = 0,9312$ en ese orden, y la longitud de la boca presentó crecimiento

alométrico positivo, $b = 1,9143$; $r^2 = 0,7566$ y finalmente el diámetro del ojo, tuvo un patrón de crecimiento alométrico negativo en el cual $b = 0,1796$; $r^2 = 0,9332$.

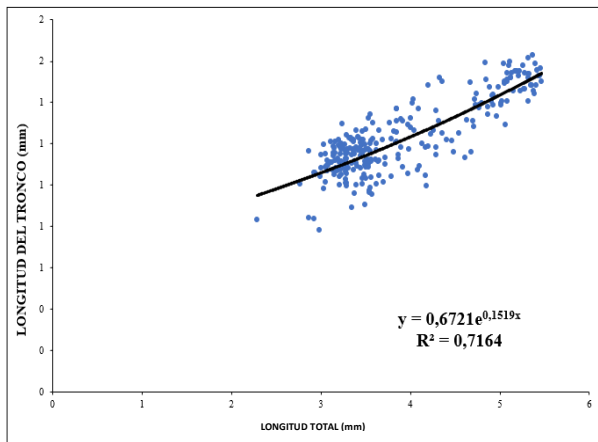


Figura 3.7 Preflexión, Longitud del tronco. Edad 3 -11 DPE

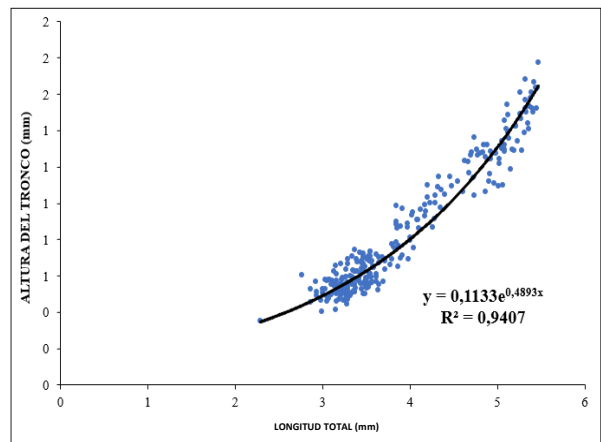


Figura 3.8 Preflexión, Altura del Tronco. Edad 3 -11 DPE

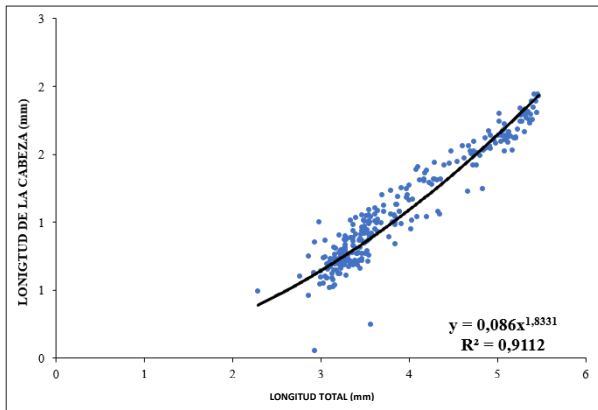


Figura 3.9 Preflexión, Longitud de la Cabeza. Edad 3 -11 DPE

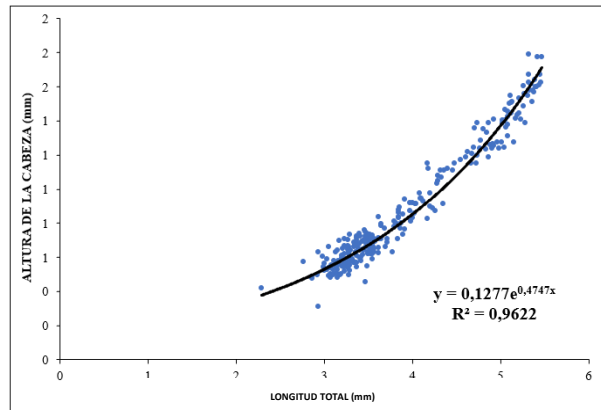


Figura 3.10 Preflexión Altura de la cabeza. Edad 3 -11 DPE

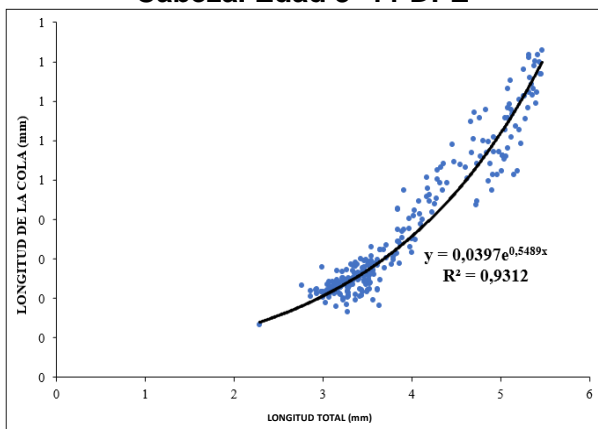


Figura 3.11 Preflexión Longitud de la Cola. Edad 3 -11 DPE

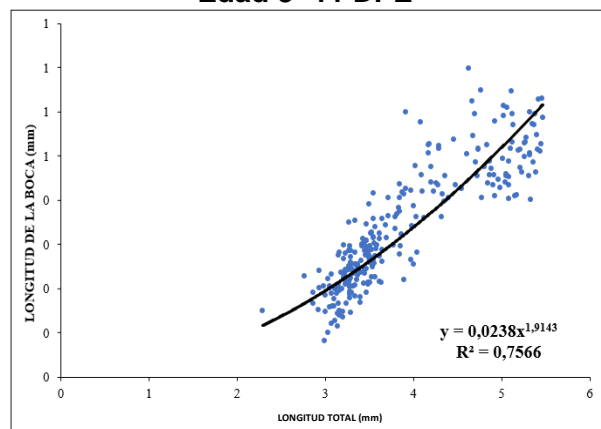


Figura 3.12 Preflexión Longitud de la Boca. Edad 3 -11 DPE

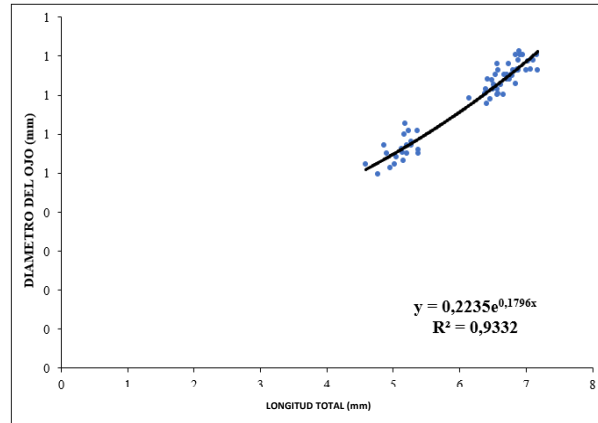


Figura 3.12 Preflexión Diámetro del Ojo. Edad 3 -11 DPE

En este periodo se observó la flexión de la notocorda, además se aprecian las fosas nasales. En esta fase, el máximo en la longitud total de la larva es de 7,1790 mm, la longitud mínima es de 4,8510 mm y en promedio es de 6,1843 mm. El periodo de flexión ocurre durante los días 12 y el 13 aproximadamente, cuyos datos se ven representados en la siguiente tabla:

**Tabla 3.9 Fases de desarrollo, edad 12– 13 días DEP.
(Medias máximas, mínimas y promedios expresados mm)**

Parámetro	Longitud Total	Longitud de la cabeza	Altura de la cabeza	Longitud de la cola	Altura de la cola	Longitud de la boca	Diámetro del ojo
Long. Max	7,1790	2,5150	2,2440	2,8930	1,3270	0,9490	0,8130
Long. Min	4,5810	1,4150	1,1110	1,7880	0,4470	0,3790	0,4960
Long. Prom	6,1843	2,0547	1,8445	2,4506	0,8816	0,6195	0,6859

La fase de flexión de la larva se caracteriza por tener mayor desarrollo en los órganos funcionales. Durante esta fase, se logró apreciar que, la longitud del tronco y la altura del tronco presentaron un crecimiento alométrico negativo, donde $b = 0,8092$; $r^2 = 0,9713$ y $b = 0,2401$; $r^2 = 0,9172$ en ese orden, por su parte la longitud de la cabeza presentó un crecimiento alométrico positivo encontrando $b = 1,2402$; $r^2 = 0,9333$. A continuación, la altura de la cabeza y la longitud de la cola que presentaron crecimiento alométrico negativo, $b = 0,2183$; $r^2 = 0,9313$ y $b = 0,2691$; $r^2 = 0,8454$ para cada una, y la longitud de la boca presentó crecimiento alométrico positivo, $b = 1,2905$; $r^2 = 0,5491$ y por último el diámetro del ojo, tuvo un patrón de crecimiento alométrico negativo en el cual $b = 0,1796$; $r^2 = 0,9332$.

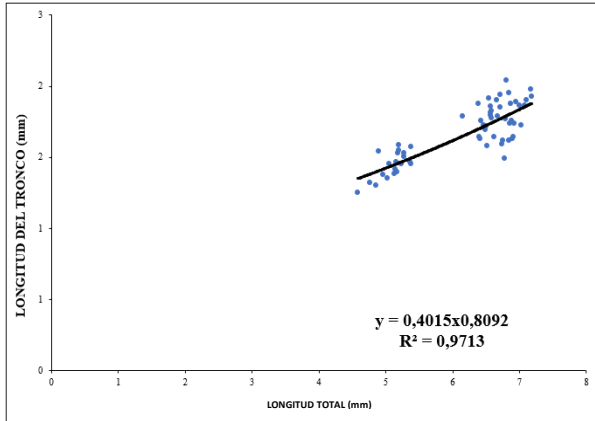


Figura 3.13 Flexión, Longitud del tronco. Edad 12 – 13 días DPE

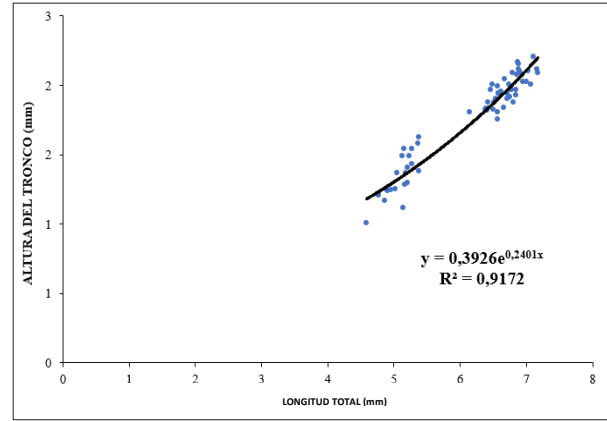


Figura 3.14 Flexión, Altura del tronco. Edad 12 – 13 días DPE

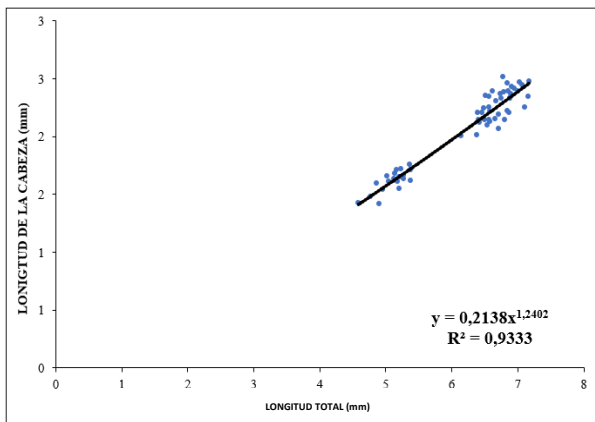


Figura 3.15 Flexión, Longitud de la boca. Edad 12 – 13 días DPE

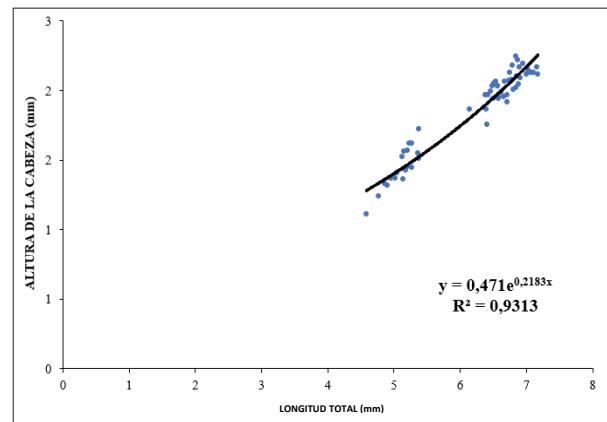


Figura 3.16 Flexión, Atura de la Cabeza. Edad 12 – 13 días DPE

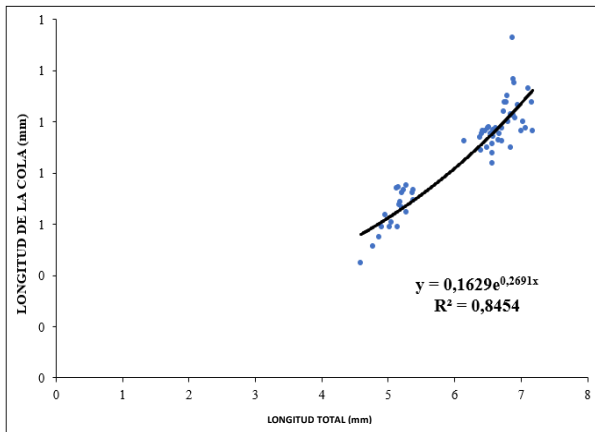


Figura 3.17 Flexión, Longitud de la Cola. Edad 12 – 13 días DPE

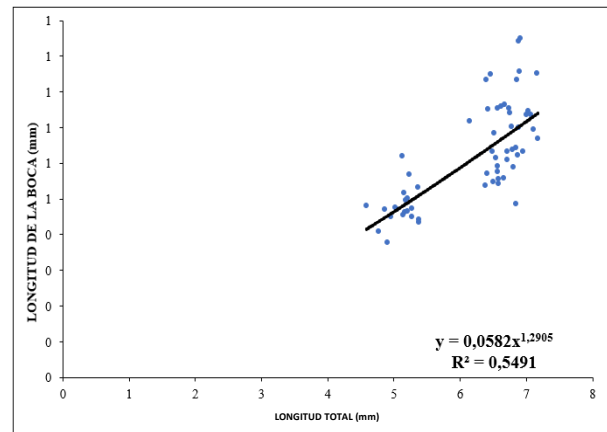


Figura 3.18 Flexión, Longitud de la Boca. Edad 12 – 13 días DPE

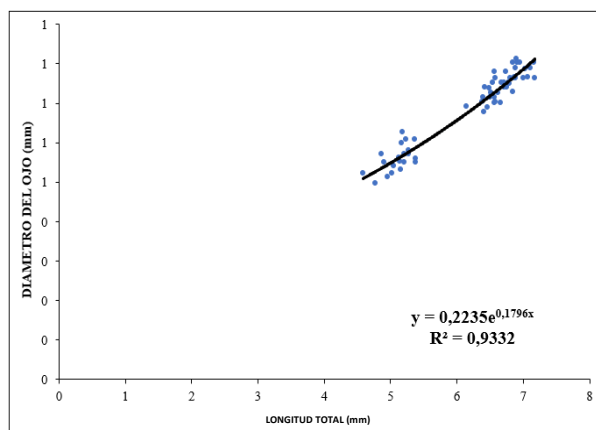


Figura 3.19 Flexión, Diámetro del Ojo. Edad 12 – 13 días DPE

En esta etapa son evidentes cambios más marcados en el desarrollo y funcionalidad de los órganos y partes del cuerpo de la muestra. En este momento del desarrollo, el máximo en la longitud total de la larva es de 17,1550 mm, la longitud mínima es de 6,1360 mm y en promedio es de 10,0577 mm. En esta fase que comprende los días 14 y 21 aproximadamente, las aletas caudal, anal y dorsal ya se encuentran completamente diferenciadas una de la otra y pigmentadas.

**Tabla 3.10 Fases de desarrollo, edad 14 – 21 días DEP.
(Medias máximas, mínimas y promedios expresados mm)**

Parámetro	Longitud Total	Longitud de la cabeza	Altura de la cabeza	Longitud de la cola	Altura de la cola	Longitud de la boca	Diámetro del ojo
Long. Max	17,1550	5,3080	4,9930	4,7330	4,0980	1,9280	1,8060
Long. Min	6,1360	1,9810	1,8180	1,6790	0,8250	0,5230	0,6650
Long.Prom	10,0577	3,3898	3,1215	2,7819	2,0493	0,9857	1,0804

Ya en la etapa de post flexión de la larva es mucho mayor desarrollo en los órganos funcionales. En este periodo se pudo observar que, la longitud del tronco y la altura del tronco presentan un crecimiento alométrico negativo, donde $b = 0,0859$; $r^2 = 0,9312$ y $b = 0,1032$; $r^2 = 0,9493$ en ese orden, de igual manera la longitud de la cabeza en esta fase a diferencia de las anteriores presentó un crecimiento alométrico negativo donde $b = 0,8959$; $r^2 = 0,948$. A continuación, la altura de la cabeza y la longitud de la cola, la longitud de la boca y por último el diámetro del ojo presentaron de igual manera crecimiento alométrico negativo, en el cual: $b = 0,0845$; $r^2 = 0,8892$; $b = 0,1513$; $r^2 = 0,912$, $b = 0,9078$; $r^2 = 0,7086$ y por último $b = 0,0881$; $r^2 = 0,9436$ respectivamente.

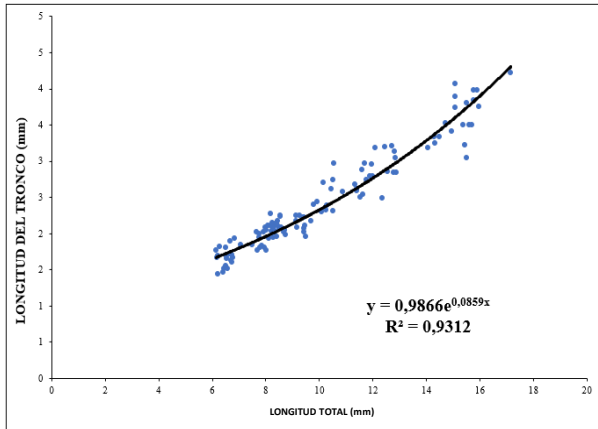


Figura 3.20 Post flexión, Longitud del tronco. Edad 14 – 21 días DPE

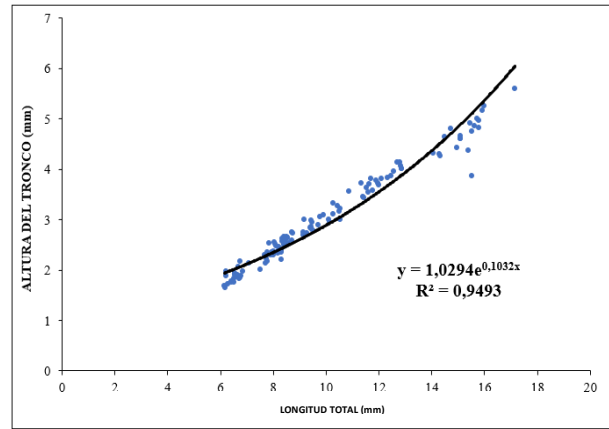


Figura 3.21 Post flexión, Altura del tronco. Edad 14 – 21 días DPE

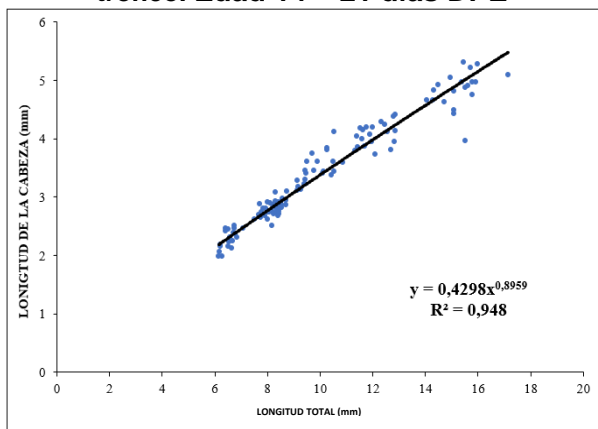


Figura 3.22 Post flexión, Longitud de la Cabeza. Edad 14 – 21 días DPE

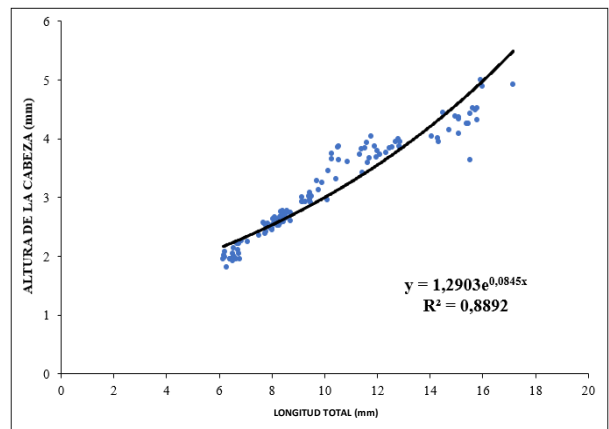


Figura 3.23 Post flexión, Altura de la Cabeza. Edad 14 – 21 días DPE

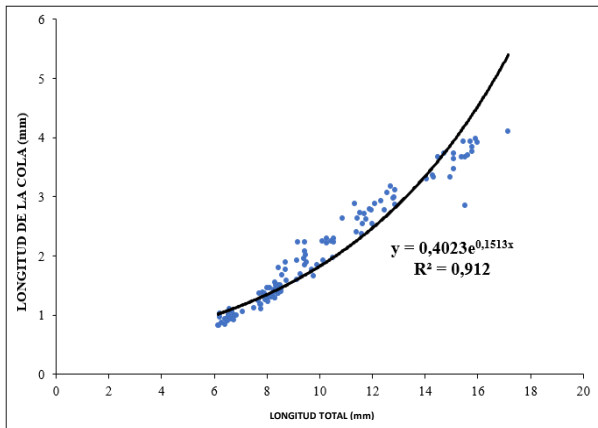


Figura 3.24 Post flexión, Longitud de la Cola. Edad 14 – 21 días DPE

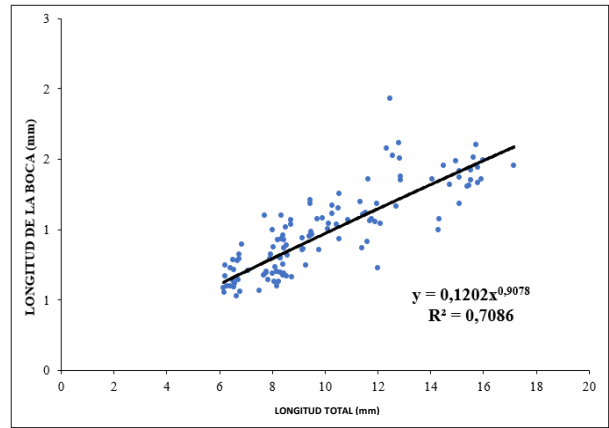


Figura 3.25 Post flexión, Longitud de la Boca. Edad 14 – 21 días DPE

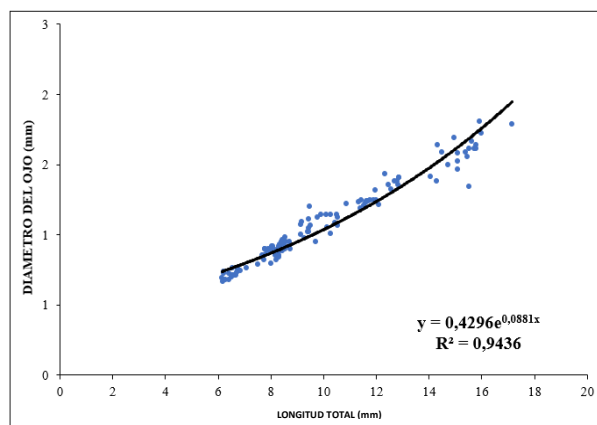


Figura 3.20 Post flexión, Diámetro del Ojo. Edad 14 – 21 días DPE

Durante esta etapa del desarrollo es común que la larva ya posea características propias de un pez adulto, de las apreciaciones tomadas, se pueden resaltar el máximo en la longitud total en este periodo es de 37,1770 mm, la longitud mínima es de 14,9760 mm y en promedio es de 22.71 mm. Se aprecia un aumento significativo de tamaño del pez, la aleta caudal se muestra bilobulada y se observa la desaparición de las espinas del preopérculo.

**Tabla 3.11 Fases de desarrollo, edad 24 – 30 días DEP.
(Medias máximas, mínimas y promedios expresados mm)**

Parámetro	Longitud Total	Longitud de la cabeza	Altura de la cabeza	Longitud de la cola	Altura de la cola	Longitud de la boca	Diámetro del ojo
Long. Max	37,1770	11,2060	8,5540	18,4520	2,1950	4,5930	3,4130
Long. Min	14,9760	4,4170	3,4240	7,0130	0,8760	0,7940	1,5620
Long. Prom	22,7101	6,6689	5,1220	10,7147	1,3033	2,2743	2,2338

Una vez en periodo juvenil, la longitud del tronco y la altura del tronco presentan un crecimiento alométrico negativo, donde $b = 0,0393$; $r^2 = 0,8444$ y $b = 0,046$; $r^2 = 0,9186$. Asimismo, la longitud de la cabeza y la altura de la cabeza plantean un crecimiento alométrico negativo, puesto que $b = 0,0409$; $r^2 = 0,9339$ y $b = 0,038$; $r^2 = 0,9348$. Por su parte la longitud de la cola y la longitud de la boca presentó de igual forma crecimiento alométrico negativo, en el cual: $b = 0,0364$; $r^2 = 0,8733$ y $b = 0,047$; $r^2 = 0,5424$, y por último el diámetro del ojo también presentó un crecimiento alométrico negativo puesto que $b = 0,0365$ y $r^2 = 0,9154$.

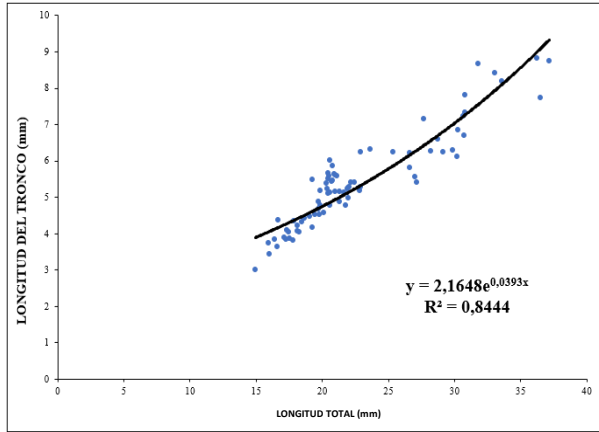


Figura 3.21 Juvenil, Longitud del tronco. Edad 24 – 30 días DPE

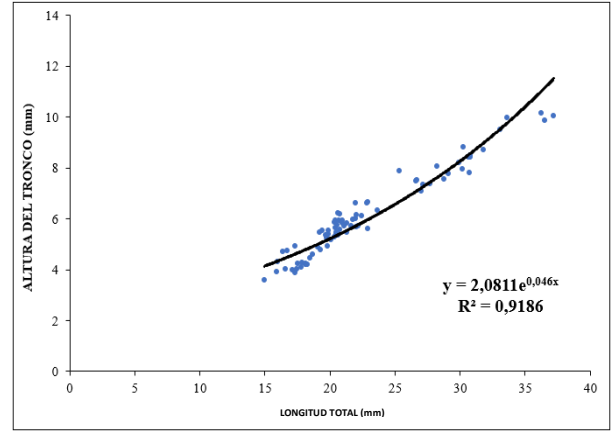


Figura 3.22 Juvenil, Altura del tronco. Edad 24 – 30 días DPE

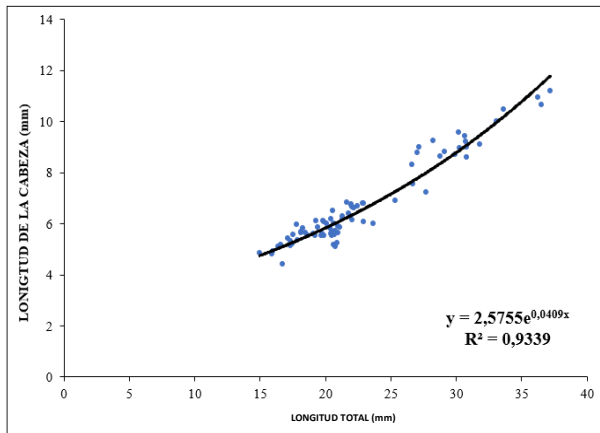


Figura 3.23 Juvenil, Longitud de la Cabeza. Edad 24 – 30 días DPE

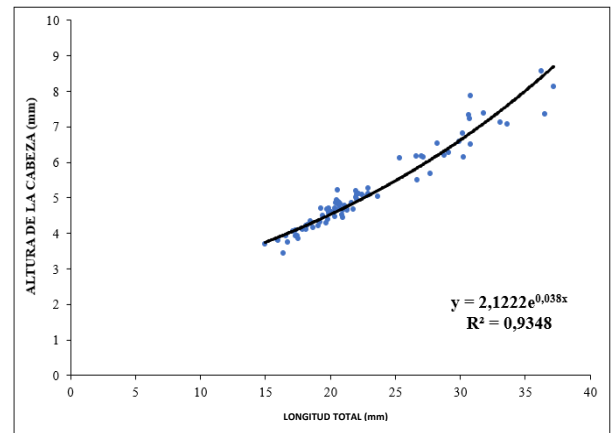


Figura 3.23 Juvenil, Altura de la Cabeza. Edad 24 – 30 días DPE

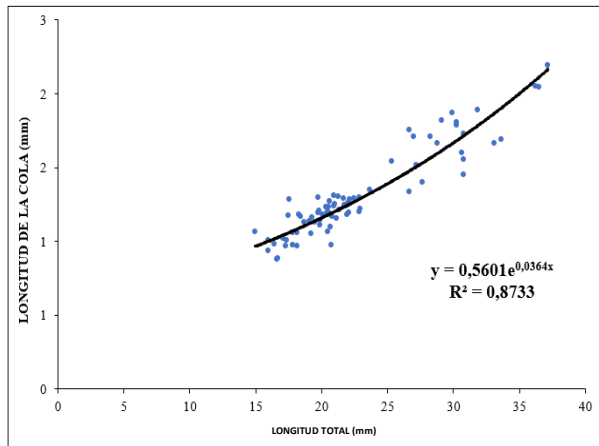


Figura 3.24 Juvenil, Longitud de la Cola. Edad 24 – 30 días DPE

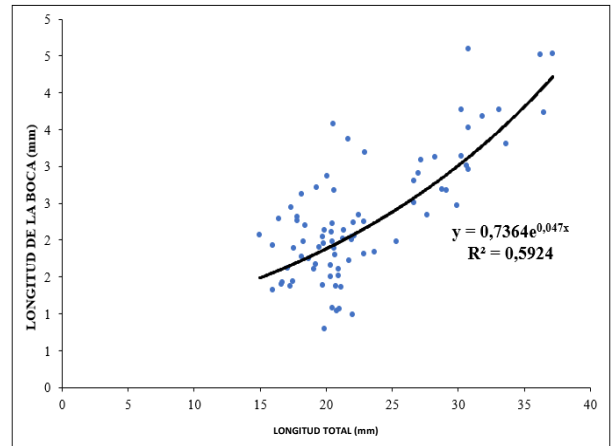


Figura 3.25 Juvenil, Longitud de la Boca. Edad 24 – 30 días DPE

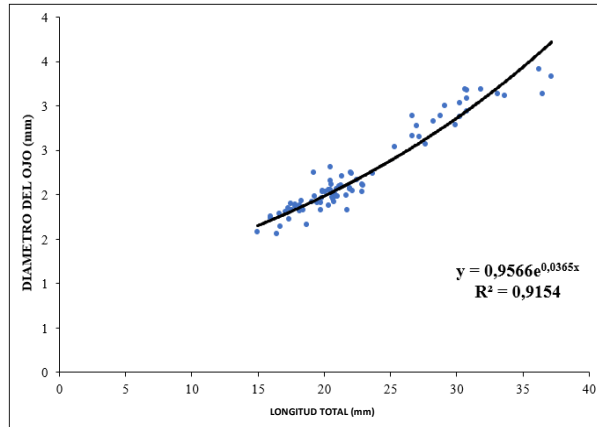


Figura 3.26 Juvenil, Diámetro del Ojo. Edad 24 – 30 días DPE

En las siguientes figuras se muestran las ecuaciones alométricas de crecimiento entre longitud del tronco, altura del tronco, longitud de la cabeza, altura de la cabeza, longitud de la cola, Longitud de la boca, diámetro del ojo y la longitud total de la especie *seriola rivoliana* desde la eclosión hasta los 30 días DPE. (Emanuel Martinez Momtaño, 2013)

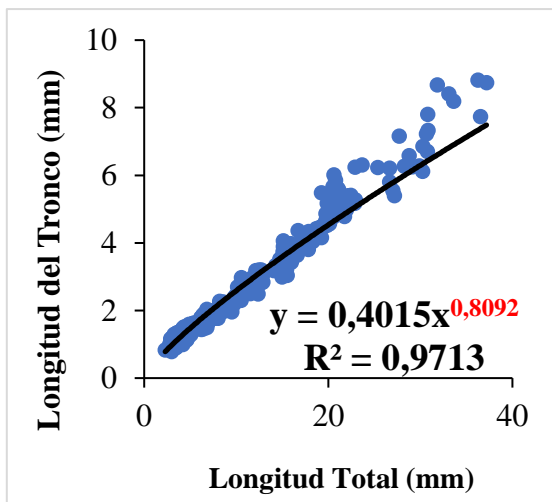


Figura 3.27 Crecimiento, Longitud del tronco.

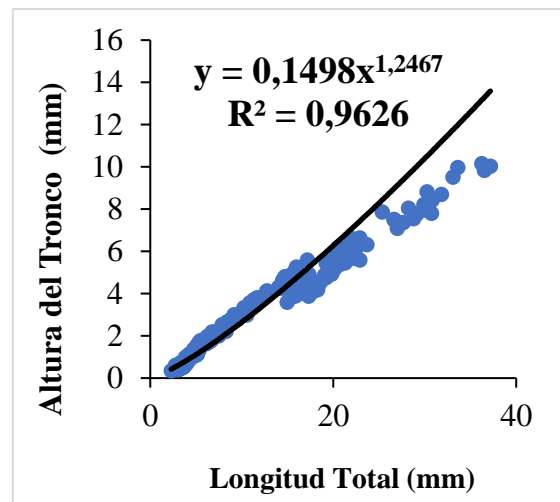


Figura 3.28 Crecimiento, Altura del tronco.

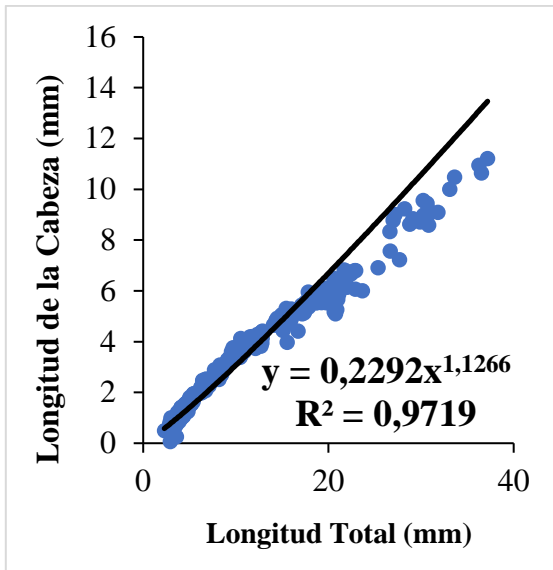


Figura 3.29 Juvenil, Longitud de la Cabeza.

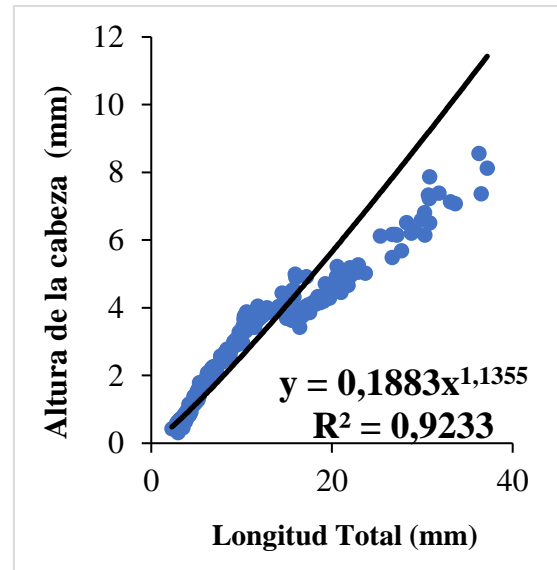


Figura 3.30 Juvenil, Altura de la Cabeza.

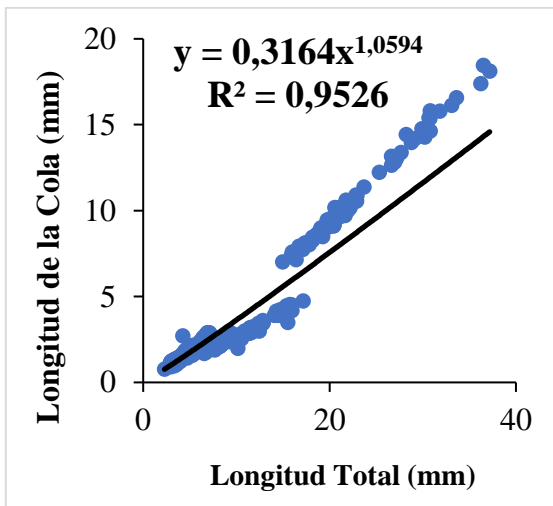


Figura 3.31 Juvenil, Longitud de la Cola.

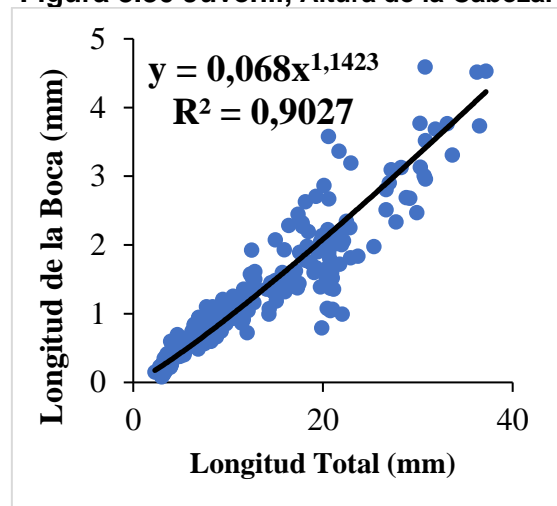


Figura 3.32 Juvenil, Longitud de la Boca.

3.4 Costos

Esta investigación incentiva el desarrollo de la diversificación acuícola del Ecuador para impulsar el cultivo de peces marinos y así promover el comercio nacional e internacional. Para el análisis del costo se tomaron en consideración tanto equipos como materiales fungibles.

El costo total tuvo un presupuesto aproximado de 9 mil dólares. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que ciertos materiales y equipos tienen un tiempo de vida útil prolongado y pueden ser usados para otras investigaciones.

Tabla 3.12 Estudio de patrón de crecimiento alométrico del pez huayaibe en sus fases larvarias. (Costos expresados en dólares americanos)

Estructura de Costos Mensual.				
Estudio de patrón de crecimiento alométrico del pez huayaibe en sus fases larvarias.				
Concepto	Cantidad	Unidad	Costo Unit	Costo Total
MATERIA PRIMA				
Nauplios	0,5	Millar	\$ 350,00	\$ 175,00
Artemia	1	Kg	\$ 6,50	\$ 6,50
Probiótico	18	Lt	\$ 30,00	\$ 540,00
Balanceado	1		\$ 25,00	\$ 25,00
Otros insumos	1		\$ -	\$ -
Total Materia Prima			\$ 746,50	
MATERIALES Y EQUIPOS				
Tanques 1000 Lt	3	Unidad	\$ 850,00	\$2.550,00
Bombas	1	Unidad	\$ 425,00	\$ 425,00
Microscopio	1	Unidad	\$ 700,00	\$ 700,00
Material de Laboratorio	1	Global	\$1.000,00	\$1.000,00
Envases y embalajes	3	Unidad	\$ 15,00	\$ 45,00
Otros equipos (propiedad CENAIM)	1	Global	\$3.000,00	\$3.000,00
Total Propiedad, planta y equipo			\$7.720,00	
COSTOS FIJOS				
Gastos Administrativos	1	Global	\$ 250,00	\$ 250,00
Mano de Obra (investigadores)	1	Global	\$ -	\$ -
Servicios públicos (electricidad, agua)	1	Global	\$ 350,00	\$ 350,00
Material de oficina	1	Global	\$ 75,00	\$ 75,00
Logística y transporte	1	Global	\$ 100,00	\$ 100,00
Otros costos fijos	1	Global	\$ 50,00	\$ 50,00
Total costos fijos			\$ 825,00	

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El desarrollo de la presente investigación permitió, analizar el patrón de crecimiento alométrico de la especie *Seriola rivoliana* siendo posible mediante el establecimiento de un protocolo de toma de datos minucioso durante todas las fases de desarrollo. Se demostró que algunas de las características más importantes y cambios se producen durante las etapas más tempranas de su ontogenia. Por ello, conocer el comportamiento del pez ante cambios de situaciones e introducción de agentes controlados coadyuban

a determinan características funcionales del cuerpo, facilitando la comparación de la rapidez de crecimiento de diferentes partes de este según la fase o etapa en la cual se encuentre y documentarlo para efectos investigativos.

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el patrón de crecimiento alométrico del pez huayaípe, y en tal sentido dado el poco conocimiento que se tenía sobre la especie se ha podido establecer un crecimiento a través de la toma y comparación de datos de 7 parámetros (longitud del tronco, la altura del tronco, longitud de la cabeza, altura de la cabeza, la longitud de la cola y diámetro del ojo). De este modo se ha podido comprobar con funciones matemáticas que el crecimiento del pez huayaípe puede ser alométrico negativo o positivo dependiendo de variables como días de edad y fase en la cual se encuentre.

El cumplimiento de los objetivos de la investigación se ve enmarcado bajo las pautas del método científico mediante el cual se registraron de manera sistemática las variaciones dimensionales en las proporciones del pez huayaípe durante la etapa larvaria. A través de la toma de mediciones en muestras del mismo espécimen con diferentes días de edad. La importancia de este proceso fue recolectar la mayor cantidad de data que permitiera documentar el comportamiento de su desarrollo que sirva como precedente para futuras investigaciones.

Aunado a lo anterior, la utilización de funciones matemáticas para analizar el desarrollo exponencial de las muestras a través del tiempo, permitieron también cumplir con el último objetivo. Establecer un modelo de curva de crecimiento, puesto que dichas funciones sirvieron para esbozar curvas de crecimiento en función de la longitud total y obtener resultados visibles de cómo influye ésta en el incremento proporcional de otras partes del cuerpo del pez. Permitiendo cuantificar y graficar los patrones de aumento de tamaño individual sobre los parámetros tomados de referencia para el presente estudio.

4.2 Recomendaciones

Tomando en cuenta la raíz de esta investigación y en función de que se produzcan cambios, es necesario fomentar el estudio de especies como pez huayaípe que suponen un producto potencial para la acuicultura ecuatoriana orientando el esfuerzo para optimizar los recursos de los cuales se dispone.

Otro punto que se debe considerar es desarrollar estrategias que aseguren la rentabilidad e incrementos en la productividad a través de mejores prácticas que incluyan innovación tecnológica. Ya que investigadores y productores realizan grandes inversiones para analizar genéticamente especies desde su estado larvario. Renovando, ampliando e invirtiendo en investigaciones de esta índole.

BIBLIOGRAFÍA

Ayala Vargas, C. 2018. Crecimiento y desarrollo de los mamíferos domésticos. San Andrés, Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. Artículo en línea: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182018000300005

Bas, C. 1964. *Aspectos del crecimiento relativo en peces del Mediterráneo occidental*. Texto en línea: <https://digital.csic.es/handle/10261/161604>

Bastón de Ruineris Almada, L. S. (2021). Desarrollo temprano del pez neotropical conocido como sardina larga *Triportheus auritus* (Vanciennes 1850) (Characiforme triporthetidae). *Applied Ichthyology*, 4

Emanuel Martínez Momtano, K. g. (2013). Desarrollo morfológico y crecimiento alométrico de larvas de pez rey *Seriola lalandi* V. en condiciones de cultivo. Universidad Austral de Chile , 13.

Fuiman, L. (1983). Gradientes de crecimiento en larvas de peces . *Journal of Fish Biology* , 2-4.

Gutiérrez Sánchez, J. L. y Sánchez Garduño, F. 2017. *Matemática del crecimiento orgánico. De la alometría al crecimiento estacional*. México: Las prensas de Ciencias, xxxiv + 322 p. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-57052020000100011#:~:text=La%20alometr%C3%ADa%20es%20el%20estudio,la%20suma%20de%20sus%20partes

M. Bohórquez - Cruz, S. S.-G. (2018). Desarrollo temprano y técnica de cultivo juvenil de lenguado moteado, *Paralichthys woolmani* (Jordan & Williams, 1897) bajo agua de mar ambiental. *Applied Ichthyology*, 610 - 616.

Equipo editorial. (1 de julio de 2022). Alometría. Liferder. Recuperado de <https://www.liferder.com/alometria/>.

Krzysztof Kupren, M. P. (2014). Desarrollo temprano y crecimiento alométrico en *Nannacara anomala* Regan, 1905 (Perciformes: Cichlidae) en condiciones de laboratorio. *Neotropical Ichthyology*, 7.

Krzysztof Kupren, I. R. (2016). Desarrollo temprano y patrones de crecimiento alométrico de la dacia común ciprínida reófila *Leuciscus leuciscus* (Cyprinidae leuciscina). *Ichthyol Res*, 4.

Krzysztof Kupren, I. T.-Z. (2014). Desarrollo temprano y patrones de crecimiento alométrico en Lota Lote Lote L. *Acuicultura internacional*, 5.

OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas. OECDiLibrary. Accedido el 9 agosto, 2022, desde OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030 | OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas | OECD iLibrary (oecd-ilibrary.org)

Pescado. OECDiLibrary. Accedido el 9 agosto, 2022, desde <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/7b08862bs/index.html?itemId=/content/component/7b08862b-eshttps://news.un.org/es/story/2020/06/1475632>

El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Accedido el 26 julio, 2022, desde <https://www.fao.org/3/Y7300S/y7300s08.htm>

El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad. Accedido: el 29 julio, 2022, desde <https://www.fao.org/3/v7180s/v7180s00.htm#Contents>

El estado mundial de la Pesca y la Acuicultura. Accedido el 12 julio, 2022, desde <https://www.fao.org/3/ca9231es/ca9231es.pdf>

Journal of Fish Biology (2002), Desarrollo morfológico y patrones de crecimiento alométrico en larvas de halibut de california criadas en criaderos, disponible en línea en <http://www.ideallibrary.com>