



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**EFFECTO DEL TIPO DE PRESA SOBRE EL
CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA LARVARIA
DEL HUACHINANGO DEL PACÍFICO**

***Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

ROBERTO TAYLOR COTA

La Paz, B.C.S., DICIEMBRE DE 2017



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S. siendo las 12:00 horas del día 27 del mes de Noviembre del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"EFECTO DEL TIPO DE PRESA SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA
LARVARIA DEL HUACHINANGO DEL PACÍFICO *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922)"

Presentada por el alumno:

TAYLOR Apellido paterno	COTA materna	ROBERTO nombre(s)
		Con registro:
		A 1 6 1 0 1 3

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisfaco los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DRA. SILVIA DUMAS
Directora de Tesis

M en C. MAURICIO CONTRERAS OLGAÍN
2º. Director de Tesis

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

DR. RENATO PERA MARTINEZ

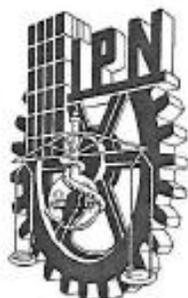
M en C. GUSTAVO DE LA CRUZ AGUIERO

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S. el día 04 del mes de Diciembre del año 2017

El (la) que suscribe BM. ROBERTO TAYLOR COTA Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A161013 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DRA. SILVIE DUMAS y M en C. MAURICIO CONTRERAS OLGUÍN

y cede los derechos del trabajo titulado:

"EFECTO DEL TIPO DE PRESA SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA

LARVARIA DEL HUACHINANGO DEL PACÍFICO *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922)"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: kbk16@hotmail.com - sdumas@ipn.mx - contrero@hotmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


BM. ROBERTO TAYLOR COTA

Nombre y firma del alumno

DEDICATORIA

A mis padres, ustedes que han estado siempre a mí lado, aconsejándome y alentándome siempre con energía positiva a conseguir mis sueños que desde pequeño he tenido y he logrado gracias a ustedes, Se los dedico de todo corazón, los amo.

A mis hermanos Diana y Alex, por su apoyo y por los buenos momentos que siempre vivimos, aunque ahora sea poco el tiempo que pasamos los 3 juntos.

A Ely GaNi por estar aquí siempre y en todo momento a mi lado apoyándome sin excepción, por tu amor, por tu cariño y por tu tiempo junto a mí en estos 9 años, Te amo.

A mis abuelos.

A toda mi familia, tíos, primos, sobrinos.

.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), por la formación académica y por permitirme el uso de todas las herramientas necesarias para llevar a cabo este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de manutención otorgada durante los 24 meses de duración de la maestría.

A mis directores dos directores:

M. en C. Mauricio Contreras Olguín por todo el apoyo que me ha brindado desde hace ya varios años, le agradezco enormemente por todas las enseñanzas, consejos y momento agradables. Espero poder trabajar con usted en un futuro.

Dra. Silvie Dumas por permitirme trabajar con usted y todo el esfuerzo realizado.

Al comité revisor, M. en C. Gustavo de La Cruz Agüero, Dr. Renato Peña y Dr. Rogelio González Armas, por su tiempo, comentarios y revisiones.

A las personas que me ayudaron con la realización del presente trabajo en la Unidad Piloto de Maricultivos (UPIMA): M. en C. Mauricio Contreras Olguín, Biol. Laura Flores Montijo, Dr. Renato Peña

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
GLOSARIO.....	iii
RELACIÓN DE FIGURAS	v
RELACIÓN DE TABLAS	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	6
1.2 Justificación	10
2. HIPÓTESIS.....	11
3. OBJETIVO GENERAL.....	11
3.1 Objetivos particulares.....	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1 Incubación del Desove	12
4.2 Siembra en tanques de crianza larvaria	13
4.3 Calendario de alimentación.....	14
4.4 Eficiencia alimenticia.....	15
4.5 Determinación del ancho de boca de la larva	17
4.6 Recolecta y medición del tamaño de las presas en la primera alimentación	17
4.7 Crecimiento larvario	18
4.8 Supervivencia.....	19
4.9 Análisis Estadísticos	20
5. RESULTADOS	21
5.1 Parámetros	21
5.2 Ancho de boca de la larva.....	24
5.3 Tamaño de presas	24
5.4 Eficiencia Alimenticia	25
5.4 Intensidad alimenticia.....	26

5.5 Análisis de preferencia de presa	29
5.7 Crecimiento larvario	30
5.8 Tasa absoluta de crecimiento	32
5.9 Tasa específica de crecimiento.....	33
5.10 Supervivencia.....	34
6. DISCUSIÓN.....	35
6.1 Aspectos relacionados con la boca de la larva y tipo de presa	35
6.2 Aspectos relacionados con la intensidad de luz	39
6.3 Crecimiento larvario	41
6.4 Supervivencia.....	42
7. CONCLUSIONES	46
8. SUGERENCIAS.....	47
9. BIBLIOGRAFÍA.....	48
10. ANEXOS	56

RESUMEN

Desde 2002 comenzaron estudios referentes a la crianza larvaria del huachinango en CICIMAR-IPN, siendo el primer escalón para llevar a cabo un cultivo exitoso de ciclo completo; sin embargo, este período representa gran dificultad, ya que durante la primera alimentación exógena ocurre una elevada mortalidad a consecuencia de la inanición derivada del reducido tamaño de boca de la larva, por lo que utilizar presas de menor tamaño podría favorecer la supervivencia durante esta etapa. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar cuatro diferentes presas (*Proales similis* y *Brachionus rotundiformis* (Rotífera) - *Pseudodiaptomus euryhalinus*, *Parvocalanus crassirostris* (Copépoda) y un tratamiento Mixto) en la primera alimentación de las larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* y su efecto en el crecimiento y supervivencia. Se sembraron 16 tanques de 200L de capacidad con un volumen inicial de 100L con cuatro replicas por tratamiento, a una densidad de 50 larvas por litro. Para evaluar la eficiencia alimenticia se extrajeron 30 larvas por tratamiento, se contabilizó el número de larvas con alimento y el número de presas (incidencia e intensidad alimenticia) hasta el día 7 después de la eclosión (DDE) o hasta alcanzar el 100% de incidencia alimenticia. Se determinó el largo y ancho de las presas al inicio de la alimentación exógena, así como el ancho de la boca de la larva. Se determinó el crecimiento cada 5 días y la supervivencia diaria del día 15 al 30 DDE. En ambos experimentos, la mayor incidencia (69% y 100%) e intensidad alimenticia (3.3 ± 1.3 y 4.3 ± 4.3) se presentó con *P. crassirostris* el día 3 DDE. La evaluación de la selección de presa para el tratamiento Mixto mostró preferencia por esta misma presa. La longitud total para los tratamientos "*P. crassirostris* y Mixto" no presentó diferencias significativas, con promedio de 18.8 mm (30 DDE). La tasa absoluta y específica de crecimiento no presentaron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Al día 15 DDE la supervivencia de los tratamientos "Mixto" (30.3%) y *P. crassirostris* (21.6%) superó la obtenida en *P. similis* (3.6%) y *P. euryhalinus* (1.9%). Las larvas de *L. peru* manifiestan preferencia por estadios naupliares de *P. crassirostris* durante los primeros días de alimentación obteniendo altas supervivencias, logrando superar exitosamente esta primera etapa crítica del cultivo del Huachinango del Pacífico.

ABSTRACT

The larval rearing of marine fish represents great difficulty, since during the first exogenous feeding there happens a high mortality derived from the limited size of mouth of the larvae and of the type of prey commonly available to supply, for what to use preys of minor size might result in a major survival. The objective of this work was to evaluate the effect of four preys at first feeding (Rotifers: *Proales similis* and *Brachionus rotundiformis* - Copepods: *Pseudodiaptomus euryhalinus* and *Parvocalanus crassirostris* and mixed) on the growth and survival of the Pacific red snapper larvae. Sixteen tanks (200 L capacity) with four replies for treatment or type of prey, with initial density of 50 larvae/liter. Two experiments were realized separately. In the first one, the preys mentioned before were added, and in the second one, the rotifer *B. rotundiformis* was discarded, instead of a treatment consisting in the remaining preys (Mixed) were offered. Feeding efficiency was evaluated extracting 30 larvae from each treatment, counting the number of larvae with food in the digestive tract and the number of preys (incidence and intensity) until day 7 after hatch (DAH) or up to reaching 100%. Length and width of preys and the mouth width of fish larvae were determined at the beginning of the exogenous feeding. Growth was determined every 5 days and daily survival from day 15 to 30 DAH. In both experiments, the highest incidence (69% and 100%) and intensity (3.3 ± 1.3 and 4.3 ± 4.3) occurred with *P. crassirostris*, on 3DAH. The evaluation of prey selection for the Mixed treatment also showed preference for this same prey. Larval total length at the end of experiment 2, did not present significant differences for *P. crassirostris* and Mixed treatments, with 18.8 mmLT average (30 DAH). The specific and absolute growth rate did not show significant differences ($p > 0.05$) between treatments. Survival at 15 DAH in Mixed (30.3%) and *P. crassirostris* (21.6%) surpassed those of *P. similis* (3.6%) and *P. euryhalinus* (1.9%) treatments. The larvae of *L. peru* showed preference for naupliar stages of *P. crassirostris* during the first days of feeding, surpassing this first critical period of the Pacific red snapper culture.

GLOSARIO

Alimentación endógena: alimento interno, capaz de satisfacer las necesidades de la larva hasta comenzar la alimentación exógena (Fyhn, 1989).

Alimentación exógena: alimento de origen externo (Tucker, 1998). Hace referencia al evento en que particularmente en las larvas de huachinango, han absorbido las reservas vitelinas incorporadas en el huevo y proporcionadas por su progenitora, que les permite desarrollar las estructuras básicas (ojos, boca y apertura del intestino) para la captura de alimento.

Eficiencia alimenticia: Evaluación del éxito alcanzado en la alimentación de las larvas, implicando la determinación de los índices de incidencia e intensidad alimenticia (Yin & Blaxter, 1987).

Incidencia alimenticia: Índice empleado para expresar la proporción de larvas que presentan alimento en el tubo digestivo (Yin & Blaxter, 1987).

Intensidad alimenticia: Índice empleado para expresar el número promedio de presas presentes en el tubo digestivo de las larvas (Yin & Blaxter, 1987).

Nauplio: Larva de copépodo con morfología diferente al juvenil (Andersen *et al.*, 2001).

Copepodito: Copépodos que poseen morfología de organismos adultos (Andersen *et al.*, 2001).

Larva: Etapa de desarrollo que abarca desde la eclosión hasta que los peces se transforman en juveniles. Durante este tiempo, los peces se desarrollan morfológicamente para poder alimentarse (Miller & Kendall, 2009).

Rotífero: Animales metazoarios microscópicos filtradores no selectivos, se alimentan de materia orgánica particulada en la columna de agua y también de organismos planctónicos, son utilizados como alimento vivo en la crianza larvaria de peces de distintas especies (Viillamil-Díaz *et al.*, 2012).

Significancia estadística: Se relaciona con la necesidad de "probar hipótesis", permitiendo cuantificar hasta qué punto la variabilidad de la muestra en estudio es responsable de los resultados obtenidos. Es así como la hipótesis nula, representa la afirmación de que no hay asociación entre las dos variables; y la hipótesis alternativa, afirma que existe asociación entre las dos variables. Entonces, la estadística nos permite decidir sobre que hipótesis debemos elegir, lo que será con el nivel de seguridad que previamente se haya establecido por el equipo de investigación (Manterola & Pineda, 2008).

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.- Producción por acuicultura y por pesca de captura desde 1950 hasta 2014.....	2
Figura 2.- Calendarios de alimentación utilizados en los dos experimentos de crianza larvaria de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> . Las líneas punteadas denotan cambios transicionales del tipo de presa.....	15
Figura 3.- Puntos de referencia para llevar a cabo la medición del ancho de la boca de larvas de huachinango del Pacífico. Imagen Tomada de Russo <i>et al.</i> (2009).....	17
Figura 4.- Valores observados de Amonio total ($\text{NH}_3\text{-NH}_4$) durante la crianza larvaria del huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	23
Figura 5.- Valores observados de Amonio tóxico (NH_3) durante la crianza larvaria del huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	23
Figura 6.- Preferencia de ingesta diaria por larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> de las presas que formaron parte del tratamiento Mixto, hasta el día 7 DDE.....	29
Figura 7.- Tasa absoluta de crecimiento (mm/día) de larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> en períodos de 10 días (día 0-10, 10-20 y 20-30 DDE) hasta el final del experimento	32
Figura 8.- Tasa específica de crecimiento (%/día) de larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> en períodos de 10 días (días 0-10, 10-20 y 20-30) hasta el final del experimento	33
Figura 9.- Experimento 2. Supervivencia de larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> en los diferentes tratamientos del día 15 al 30 DDE.....	34

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.- Densidad de microalgas (células/ml) agregadas hasta el día 15 DDE en los diferentes tratamientos alimentarios ofrecidos a larvas de huachinango <i>Lutjanus peru</i>	14
Tabla 2.- Parámetros fisicoquímicos (promedio y desviación estándar) durante los 30 días de crianza larvaria del huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	22
Tabla 3.- Mediciones promedio de largo (L) y ancho (A) de las presas utilizadas durante la primera alimentación de larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	24
Tabla 4.- Incidencia alimenticia y su progresión diaria en larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	26
Tabla 5 Evaluación de la Intensidad alimenticia y su progresión diaria en larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	28
Tabla 6.- Experimento 1. Longitud total (mm) registrada en los diferentes tratamientos durante el cultivo larvario del huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	30
Tabla 7.- Experimento 2. Longitud total (mm) registrada en los diferentes tratamientos durante el cultivo larvario del huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	31

1. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la explotación de los recursos marinos se pensó que eran fuentes inagotables, con gran capacidad de proveer alimento a toda la población; sin embargo, actualmente los requerimientos alimenticios derivados del incremento poblacional son tales, que la producción de los mares está totalmente superada, por lo que la preocupación ha crecido y ha comenzado la búsqueda de alternativas que permitan satisfacer dicha demanda. La acuicultura en las últimas décadas ha registrado gran crecimiento, presentándose como gran opción para hacer frente a dicho desabasto (Vázquez-Hurtado *et al.*, 2011).

En la década de los 80', las capturas por pesca comenzaron a estancarse, mientras la acuicultura comenzaba un crecimiento que continúa actualmente, siendo China un país adelantado con más del 60% de la producción mundial (FAO, 2016). Esto aumentó el acceso a productos marinos y dulceacuícolas cultivados, incrementándose el consumo promedio entre 1960 y 2013 de 9.9 a 19.7 kg anuales per cápita, con tendencia a seguir aumentando. Actualmente la acuicultura tiene una tasa de crecimiento de 3.2% al año, comparándose con 1.6% de crecimiento demográfico. En 2014, la producción de peces por acuicultura para consumo humano superó por primera vez en la historia la del pescado silvestre capturado a través de las diversas artes de pesca (Figura 1) (FAO, 2016).

Aunque la acuicultura se concentra en especies continentales principalmente, la piscicultura marina, representó para 2014 el 47% de la producción mundial; sin embargo, no presenta las dimensiones económicas de la piscicultura de agua dulce debido, principalmente al poco dominio logrado en las técnicas de producción de larvas y juveniles, evitando así el despunte de cultivos de especies de interés comercial (Silva & Oliva, 2010)



Figura 1. Producción por acuicultura y por pesca de captura desde 1950 hasta 2014 (FAO, 2016).

La familia Lutjanidae presenta un gran valor comercial y forma parte importante en los volúmenes de captura de la pesca en México (Moreno-Hernández, 1995) siendo el huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* muypreciado, obteniéndose en 2012 una captura de 3 180 toneladas métricas (TM) en costas del Pacífico mexicano. Baja California Sur se ubica como la entidad con mayor producción, con 25% de la captura total (720 ton) (DOF, 2012). Esta especie es uno de los organismos marinos más importantes para la pesca ribereña en la costa del Pacífico mexicano, con 598 TM en promedio (1998-2008) con un valor de 1, 13 millones de dólares, representando el 66% del total de las capturas en el Golfo de California (Munguía-Vega *et al.*, 2017). Esto ha despertado el interés de diferentes sectores por encontrar métodos adecuados para llevar a cabo su cultivo exitoso a escala comercial de huachinango del Pacífico.

Sin embargo, esta especie presenta mortalidad muy elevada en los primeros días de cultivo que van desde 90 al 100%, específicamente durante la primera alimentación exógena (Duncan *et al.*, 2002). Se reporta una misma problemática para otras especies marinas de interés comercial: 97% de mortalidad larvaria en el pargo *Lutjanus argentimaculatus* (Duray *et al.*, 1996), 89% en la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Álvarez-González, 1999), 98.5% en la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Gracia-López *et al.*, 2005), 91-99% en el mero *Epinephelus marginatus* (Cunha *et al.*, 2009; Russo *et al.*, 2009), 84-93% en *Epinephelus suillus*, (Duray *et al.*, 1997) y 97% en *Epinephelus coioides* (Toledo *et*

al., 1999), convirtiéndose así, este proceso en el principal cuello de botella de estos maricultivos.

La primera alimentación exógena de la larva, posterior a la absorción de las reservas energéticas (saco vitelino y glóbulo de aceite) es considerada como el primer período crítico en la crianza larvaria y por ende, donde se presentan las tasas de supervivencia más bajas (Emata *et al.*, 1994). Varios son los elementos o factores durante la crianza larvaria que determinan el éxito alimenticio en este período, entre ellos destacan: la intensidad de luz, la densidad de presa, el tamaño y el tipo de presa utilizado, calidad nutricional de las presas, así como el tamaño (ancho) de la boca de la larva al momento de iniciar la alimentación.

Las larvas de peces marinos son consideradas depredadores visuales, por lo que necesitan de un ambiente totalmente iluminado para la captura de presas, siendo la intensidad de luz con la que se lleva a cabo el cultivo larvario un factor principal, ya que puede inhibir la alimentación o estimularla, afectando el desarrollo y la supervivencia larvaria (Blaxter, 1986; Peña *et al.*, 2004; Zavala-Leal *et al.*, 2013a).

Además de lo anterior, una densidad de presa adecuada en la primera alimentación puede favorecer un aumento en los valores de la eficiencia alimenticia. Las presas se comportan de manera distinta en la columna de agua; algunas tienden a formar “parches”, reduciendo considerablemente la disponibilidad de alimento en algunas zonas del tanque de cultivo y aumentando de manera significativa en otras (Hunter, 1981; Yin & Blaxter, 1987; Civera-Cerecedo *et al.*, 2004). Para el caso en particular del huachinango del Pacífico, se ha demostrado que durante la primera alimentación de las larvas, la eficiencia alimenticia se incrementa conforme aumenta la densidad de las presas (Zavala-Leal *et al.*, 2013a).

El tamaño, tipo y calidad nutricional de las presas es también fundamental para propiciar el consumo del alimento. Desde el inicio de los cultivos larvarios experimentales y hasta la actualidad, existen varios protocolos de producción larvaria

en diferentes especies de peces marinos que utilizan los rotíferos *Brachionus* spp. como presa durante la primera alimentación (*Gadus morhua*; García *et al.*, 2008; *Seriola lalandi*; Chen *et al.*, 2006 & Ma, 2014; *Hippoglossus hippoglossus*; Van der Meeren, 2007; *Pagrus pagrus*; Leyton, 2017). Sin embargo, los rotíferos poseen bajos niveles de nutrientes esenciales como son los ácidos grasos altamente insaturados, así como vitaminas y aminoácidos, teniendo que ser previamente enriquecidos con productos comerciales, incrementando considerablemente los costos de producción y la mano de obra. Su ventaja es la facilidad con la cual se logran producir en elevadas densidades, en pequeños espacios y corto período de tiempo (Hernández-Alarcón, 2016).

En la búsqueda de presas alternativas se comenzaron a utilizar a los copépodos, los cuales constituyen el principal alimento de las larvas de peces marinos en su hábitat natural (Hunter, 1981) y han representado una opción viable a las presas utilizadas tradicionalmente. Este éxito se deriva de las pequeñas tallas que presentan en sus primeros estadios de vida, así como un elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga DHA (ácido docosahexanoico), ARA (ácido araquidónico), EPA (ácido eicosapentanoico) así como anti-oxidantes, que son indispensables para el desarrollo de las larvas (Doi *et al.*, 1997(a); Puello-Cruz *et al.*, 2008; Hernández-Alarcón, 2016). Se ha demostrado que la inclusión de copépodos (ricos en ácidos grasos esenciales) aún por un corto período en el cultivo larvario de peces marinos aumentan la posibilidad de obtener mejor desarrollo, crecimiento y supervivencia, reduciendo de manera importante la presencia de enfermedades y malformaciones (Civera-Cerecedo, 2004; Van der Meeren, 2007; Puello-Cruz, 2008).

Se reporta también como presa alternativa al rotífero *Proales similis* (Wullur *et al.*, 2001) ya que presenta un menor tamaño que el de los rotíferos del género *Brachionus*. Hernández-Alarcón (2016) alimentó a este rotífero con un alimento comercial (enriquecedor) y su perfil en ácidos grasos poliinsaturados esenciales fueron relativamente similares al perfil de los nauplios de copépodos que se utilizaron (*Parvocalanus crassirostris* y *Pseudodiaptomus euryhalinus*).

Cumplir con todos los requerimientos nutricionales no es tarea sencilla, debido a que para la mayoría de las especies de interés estos son desconocidos, resultando imposible durante la primera alimentación la administración de alimentos inertes balanceados (de gran calidad nutricional) ya que el grado de desarrollo de órganos, así como la insuficiencia en la actividad enzimática digestiva de las larvas no permite su uso, por lo que las presas vivas son comúnmente utilizadas, buscando lograr el destete de las larvas hacia alimento inerte lo antes posible (Peña, 2005).

El tamaño y tipo de presa adecuados se relaciona ampliamente con el tamaño de la boca (ancho) que presentan las larvas en la primera alimentación. Los Lutjánidos y Serránidos se han caracterizado por presentar grandes problemas con las presas convencionalmente utilizadas (rotíferos y Artemia) por el reducido tamaño de boca que poseen al momento de la primera alimentación exógena (Doi *et al.*, 1994; Toledo *et al.*, 1999). Dicha relación es considerada como un factor muy importante en la capacidad de las larvas de peces marinos para ingerir presas de diferentes tamaños. Específicamente, el ancho de la boca determina y limita en gran medida el tamaño de la presa para que pueda ser ingerida. Los datos sobre dichos tamaños de presas son de gran utilidad para especies de interés comercial, ya que el suministro de presas adecuadas en el momento de la primera alimentación habrá de aportar el éxito o fracaso en el crecimiento y supervivencia en etapas posteriores de desarrollo (Yasuda, 1960; Cunha & Planas, 1999).

La creciente demanda comercial que presenta esta especie, merced a su atractiva coloración roja y la excelente calidad de su carne han propiciado el interés por su cultivo no obstante, las problemáticas que se presentan en la primera alimentación han limitado la producción masiva de juveniles para su engorda a talla comercial.

1.1 Antecedentes

-Características reproductivas, incubación de huevos en cautiverio de *L. peru*

En CICIMAR, la investigación para llevar a cabo un cultivo exitoso del huachinango del Pacífico empezó hace varios años. Se intentó en una primera etapa conseguir animales silvestres maduros y desoves en cautiverio. Dumas *et al.*, (2004) después de un seguimiento durante 5 años lograron inducir mediante control foto-térmico el desarrollo gonádico y la maduración final mediante la aplicación hormonal de Gonadotropina Coriónica Humana (GCH). Se obtuvo el desove del huachinango del Pacífico en cautiverio de dos hembras con 35,000 y 5,000 huevos, identificando que es posible dicha inducción cuando los ovocitos vitelogénicos avanzados alcanzan un diámetro mínimo de 400 μm .

Pelcastre-Campos (2006) indujo la ovulación y espermiogénesis en reproductores silvestres de *Lutjanus peru*, con inyecciones de Factor Liberador de la Hormona Luteinizante (LHRH, por sus siglas en inglés) en diferentes dosis (25, 50 y 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$), evaluando el número de desoves, tiempo y fecundidad, y para machos el volumen del semen, motilidad y su viabilidad. Encontrando una viabilidad del desove significativamente menor (47.7%) a 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a las 56 horas posteriores a la inducción en comparación con las otras dosis (90%). Respecto a la conservación del semen en refrigeración durante 24, 48 y 72 horas, encontró que con solución salina de Hank's sin calcio (HBSS) se presentaron valores del 80% de motilidad. Por último, observó que la crioconservación del semen puede llevarse a cabo hasta 10 meses con HBSS y Dimetil-Sulfóxido al 10%.

Moguel-Hernández (2010) caracterizó bioquímica y fisiológicamente las larvas de *Lutjanus peru*, comprobando que los metabolitos energéticos (glucosa, fructosa) y las enzimas energéticas y digestivas (amilasa, lipasa, tripsina y catepsina) presentaron actividad en todos los estadios de desarrollo. Relacionó los porcentajes de fertilización, eclosión y supervivencia hasta la primera alimentación con respecto al porcentaje de anomalías en los blastómeros, sugiriéndolo como un criterio morfológico para evaluar la calidad de los desoves de *Lutjanus peru*.

Peña *et al.*, (2012) evaluaron el efecto de la temperatura durante la incubación de los embriones en el intervalo de 26-30 °C. Observaron que una temperatura de incubación mayor incrementa la tasa de desarrollo y como consecuencia reduce el tiempo a la eclosión. No detectaron efecto significativo en la longitud total de las larvas a la eclosión (2.38-2.40 mmLT). La absorción del saco vitelino y glóbulo de aceite se vio influenciada por la temperatura principalmente 12 horas posteriores a la eclosión. Larvas de mayor tamaño se registraron a menor temperatura a las 48 horas (26 °C).

Taylor-Cota (2015), amplió el rango de temperaturas (22-32 °C), registrando una reducción considerable del tiempo de incubación a mayor temperatura (32°C - 13 hrs) y aumentando a menor temperatura (22 °C - 28 hrs). No detectó diferencias significativas en porcentajes de eclosión (>80%). Al momento de la eclosión, el volumen del glóbulo de aceite no presentó diferencias entre temperaturas y el volumen del saco vitelino fue mayor a 22 y 32°C, además observó que las larvas con mayor longitud total al momento de la eclosión se presentaron a 28°C con 2.32 mmLT.

Spanopoulos-Zarco (2017) logró desoves espontáneos de huachinango del Pacífico de organismos nacidos en cautiverio con 4 años de edad, peso promedio de 1.47 kg y talla de 45 cm de longitud total. Obtuvo datos importantes de edad de primera madurez de la especie en condiciones de cultivo. Usó la microalga *Gramatophora sp.* como suplemento en la dieta de los organismos reproductores, lo que ayudó a elevar significativamente los porcentajes de eclosión (>80%) y el diámetro de los huevos durante la temporada reproductiva (junio-diciembre).

-Crianza larvaria

El cultivo larvario de peces marinos ha representado gran dificultad debido a las altas mortalidades presentadas durante este período, derivadas entre otros factores del tipo de presa utilizada, por lo que el desarrollo de experimentos de alimentación ha permitido conocer presas potenciales para solventar esta problemática. Los primeros experimentos de crianza larvaria de huachinango en CICIMAR se realizaron en colaboración con el CIAD-Mazatlán, Duncan *et al.*, (2002)

quienes llevaron a cabo la crianza larvaria en condiciones de mesocosmos, ofreciendo el rotífero *B. rotundiformis*. Reportan altas mortalidades en los primeros días de cultivo asociándolo principalmente a la alimentación, obteniendo como resultado final 12 juveniles de *Lutjanus peru*.

Zavala-Leal *et al.*, (2013a) evaluaron los efectos provocados por diferentes parámetros biológicos y físicos sobre el inicio de la alimentación exógena en larvas de huachinango del Pacífico. Determinaron que el rotífero *B. rotundiformis* no fue ingerido por las larvas y que el nauplio de *Euterpina acutifrons* lo consume una mayor proporción de larvas conforme la densidad es mayor (0.1, 1, 5, 10, 15 presas/ml) al igual que la intensidad de luz (0, 500, 1000, 2000, 2500 y 3000 lux), pero no encuentran diferencias significativas en cuanto a la intensidad alimenticia con 1.1 presas/larva.

En la Unidad Piloto de Maricultivos en CICIMAR-IPN han llevado a cabo corridas larvarias de huachinango del Pacífico desde 2003 hasta 2016, utilizando como alimento distintas presas, principalmente rotíferos y copépodos, obteniendo resultados variables de supervivencia (5.6% máximo), logrando obtener hasta 3,300 juveniles de huachinango de 3 meses de edad por corrida de producción (Contreras-Olguín, com. pers).

Doi *et al.* (1997b) utilizaron el nauplio del copépodo *Acartia sinjiensis* con un ancho de 58 μm y rotíferos *Brachionus* spp. con 117 μm de ancho de lorica, a una densidad de entre 2.1-7.2 presas/larva, en la primera alimentación de *Lutjanus argentimaculatus* que presentó un ancho de boca de 166-188 μm . Estos autores reportan una eficiencia alimenticia de 87% e intensidad alimenticia de 2.7 nauplios y 0.92 rotíferos. Concluyen que la pequeña boca de la larva, permite la ingesta del nauplio porque presenta una dimensión de ancho menor a la del rotífero.

Russo *et al.*, (2009) evaluaron la preferencia de presa de larvas de *Epinephelus marginatus* en un cultivo en condiciones de mesocosmos utilizando

como presas rotífero *B. rotundiformis*, Nauplio del copépodo *Acartia clausi* y larvas trocóforas de bivalvos, evidenciando la preferencia de la larvas sobre nauplios del copépodo *A. clausi* con un 84% de incidencia alimenticia durante los primeros días de alimentación. Mencionan que el tamaño de la boca, el ancho en particular, juega un rol crucial en la determinación de la ingestión de las presas.

Doi *et al.*, (1997a) evaluaron la eficiencia alimenticia de larvas de *Lutjanus argentimaculatus*, utilizando rotíferos *B. rotundiformis* y nauplio del copépodo *Acartia sinjiensis*. Observaron los mayores valores con el nauplio del copépodo (95 a 100%), atribuyéndolo al menor ancho que presenta el copépodo (58 μm) y al pequeño tamaño de boca de la larva (ancho de boca de 177 μm).

Hagiwara *et al.*, (2014) evaluaron el uso del rotífero *Proales similis* (40.5 μm ancho de lóricas), en larvas de peces marinos de interés comercial *Epinephelus septemfasciatus* (180 μm), *Centropyge ferrugata* y *Cheilinus undulatus* (133 μm) que han tenido problemas para su cultivo debido al ancho de boca que presentan al momento de iniciar la alimentación. Observando una alta selectividad sobre *P. similis* ante la presencia de un rotífero de mayor ancho convencionalmente utilizado en este tipo de trabajos (*B. rotundiformis*), mencionando que el uso de *P. similis* es altamente recomendado para ser probado en larvas que presenten características similares.

1.2 Justificación

El huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* es una especie de gran importancia comercial en México; sin embargo, los volúmenes de captura han comenzado a reducirse y las tallas de captura son cada vez menores, incluyendo a organismos juveniles que en ocasiones no han alcanzado las tallas de reproducción (Díaz-Uribe *et al.*, 2004). Recientemente se han generado grandes expectativas para su cultivo; sin embargo, el desconocimiento de las necesidades alimenticias de la larva ha provocado un rezago en el despunte de su cultivo a escala comercial.

La alta mortalidad en larvas del huachinango del Pacífico presentada particularmente al inicio de la alimentación exógena se ha convertido en el principal cuello de botella, derivados de su pequeña talla y tamaño de boca, impidiendo la ingesta de presas convencionalmente utilizadas con otras especies de peces sometidos a experimentación o cultivos comerciales, como son los rotíferos del género *Brachionus* y nauplios de *Artemia sp.*

La búsqueda de presas alternativas que permitan un progreso en esta problemática es indispensable, por lo que la utilización de diversas presas vivas, como son diferentes especies de copépodos o de rotíferos (*Proales similis*) (Willur *et al.*, 2001), al inicio de la alimentación, al presentar estos tamaños diminutos o distintas etapas naupliares presentan gran potencial para su uso.

Además el uso de mezclas de diferentes especies (coalimentación) puede propiciar la selección de la presa por parte de la larva, iniciando un nuevo reto al ser utilizadas para evaluar la ingesta y la selectividad, además de cómo influyen sobre el crecimiento y supervivencia del huachinango del Pacífico, pudiendo significar un importante avance en la selección y utilización de tipos de presa a suministrar durante este periodo crítico del cultivo larvario.

2. HIPÓTESIS

La utilización de diferentes presas (*Proales similis*, *Brachionus rotundiformis*, *Pseudodiaptomus euryhalinus* y *Parvocalanus crassirostris*) tendrá un efecto importante desde el inicio de la alimentación exógena en larvas del huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*), manifestándose en los valores de la eficiencia alimenticia, provocando un mayor crecimiento y supervivencia en aquellas larvas alimentadas con copépodos.

3. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de diferentes presas en el crecimiento y supervivencia larvaria del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

3.1 Objetivos particulares

- Comparar la eficiencia alimenticia (incidencia e intensidad) al suministrar diferentes tipos de presas durante los primeros días de cultivo (*Proales similis*, *Brachionus rotundiformis*, *Pseudodiaptomus euryhalinus*, *Parvocalanus crassirostris* y un tratamiento Mixto).
- Evaluar el ancho de boca de la larva y el tamaño de las diferentes presas utilizadas, al inicio de la primera alimentación,
- Comparar el crecimiento larvario entre los diferentes tratamientos utilizados.
- Analizar la supervivencia larvaria en los diferentes tratamientos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Incubación del Desove

Derivados de los trabajos realizados en colaboración entre la Unidad Piloto de Maricultivos del CICIMAR-IPN con la empresa privada Earth Ocean Farms ubicada en Puerto Pichilingue, B.C.S., se obtuvo la donación de dos desoves.

Los huevos provinieron de un lote de reproductores mantenidos en cautiverio que han desovado de manera espontánea (26 °C). Fueron colectados y colocados en una bolsa plástica con 10 litros de agua de mar (26 °C) filtrada, esterilizada con cloro y neutralizada con tiosulfato. Se inyectó oxígeno y la bolsa se ubicó en una hielera para ser transportada durante 40 minutos a la Unidad Piloto de Maricultivos (UPIMA) en el CICIMAR-IPN.

Una vez en el laboratorio de la UPIMA fueron vertidos en un recipiente de cristal para separar los huevos viables de los que no lo eran por medio de flotabilidad, en donde los no viables se precipitaron al fondo del recipiente y fueron sacados con un sifón. Los huevos viables se colocaron en una probeta graduada para estimar la cantidad de huevos obtenidos en cada desove (1er desove: 366 ml, 805 200 huevos; 2do desove: 165 ml, 363 000 huevos). Finalmente se depositaron en una tolva cónica de 100 L a 26 ± 0.5 °C con aireación y recambio de 45 L/hr con de agua de mar filtrada hasta 1 μm , obteniendo valores de eclosión superiores al 80%.

Se realizaron dos experimentos (marzo y abril, 2016), en ambos los tanques para la crianza larvaria fueron limpiados previamente de manera exhaustiva y llenados a un volumen inicial de 105 L y se ajustó la temperatura deseada (25.1 ± 0.6 °C). Se instalaron mangueras de aireación a cada tolva. Para el experimento 2 se agregó por separado una manguera por tanque para suministrar oxígeno medicinal.

4.2 Siembra en tanques de crianza larvaria

El cultivo larvario se llevó a cabo en un sistema de recirculación cerrada para crianza larvaria, el cual consiste de 16 tolvas cilindro-cónicas interconectadas con capacidad de 200 L, con bomba centrífuga de 1/8 Hp y filtro rápido de arena, así como filtros biológicos y lámparas ultravioleta. Cuenta además con un reservorio de agua de 1000 L.

Se llevó a cabo la evaluación de los parámetros fisicoquímicos a lo largo de ambos experimentos, el oxígeno disuelto se midió a través de un oxímetro (YSI 55®), la salinidad por medio de un refractómetro (ATAGO®) y la temperatura por medio de un termómetro (HANNA®). El amonio total se evaluó mediante reacción colorimétrica (REDSEA®) y los cálculos de amonio tóxico (No ionizado, NH₃) se obtuvieron en base a la temperatura y pH promedio del agua de cultivo.

Las condiciones de iluminación durante el primer experimento se mantuvieron con una intensidad de 2000 lux y un fotoperiodo de 24 L hasta el día 16 DDE, a partir de este día se cambió a 12 L: 12 O. Para el segundo experimento desde el inicio el fotoperiodo se mantuvo con 12 L: 12 O y una intensidad luminosa de 500 lux.

La siembra de larvas ocurrió un día después de la eclosión, a una densidad de 50 larvas/L a un volumen inicial de 100 L. En el experimento 1, se evaluaron 4 diferentes tratamiento (*Proales similis*, *Brachionus rotundiformis*, *Pseudodiaptomus euryhalinus* y *Parvocalanus crassirostris*) con cuatro réplicas cada uno. Para el desarrollo del segundo experimento se descartó *Brachionus rotundiformis*, y en su lugar se utilizó un tratamiento Mixto (*Proales similis*, *Pseudodiaptomus euryhalinus* y *Parvocalanus crassirostris*) durante los primeros días de alimentación.

Las microalgas utilizadas durante la realización del experimento se cultivaron en un área con temperatura controlada (24 °C) escalando la producción en matraces de 250 ml y 2 L, a bolsas de 50 L y por último a columnas de 350 L, utilizando como medio de cultivo f/2 (Guillard & Ryther 1962), mantenidas con aireación vigorosa y un fotoperiodo de 18 L: 6 O con lámparas fluorescentes. A partir del día 3 después de la eclosión (DDE), se agregó en los tanques de crianza larvaria diferentes especies de

microalgas en cada tratamiento, de acuerdo al tipo de presa (Tabla 1). Esta técnica se conoce como “agua verde”,

Tabla 1. Densidad de microalgas (células/ml) agregadas hasta el día 1 5 DDE en los diferentes tratamientos alimentarios ofrecidos a larvas de huachinango *L. peru*.

	<i>Nannochloropsis oculata</i>	<i>Isochrysis galbana</i>	<i>Tetraselmis suecica</i>	<i>Cheatoceros calcitrans</i>
<i>B. rotundiformis</i>	5x10 ⁵	-	-	-
<i>P. similis</i>	5x10 ⁵	-	-	-
<i>P. euryhalinus</i>	2x10 ⁵	-	2x10 ⁵	1x10 ⁵
<i>P. crassirostris</i>	-	7x10 ⁴	2x10 ⁴	2x10 ⁴
Mixto	3x10 ⁴	3x10 ⁴	2x10 ⁴	2x10 ⁴

4.3 Calendario de alimentación

El inicio de la alimentación exógena ocurrió en el transcurso del día 3 DDE, cuando se observó la pigmentación total de los ojos, la formación de la boca, la articulación de la mandíbula y apertura del ano, a las 72 horas, acorde a lo reportado por Zavala-Leal *et al.*, (2013b).

Se utilizaron 4 diferentes tipos de presa desde el inicio de la alimentación exógena hasta el día 10 DDE. Conforme las larvas crecieron se les proporcionó un mismo tipo de presa, consistente en copepoditos y adultos de *P. euryhalinus* hasta el día 18 DDE y finalmente *Artemia sp.* (nauplios y metanauplios enriquecidos, juveniles y adulto) en diferentes estadios de desarrollo hasta el día 30 DDE (Figura 2).

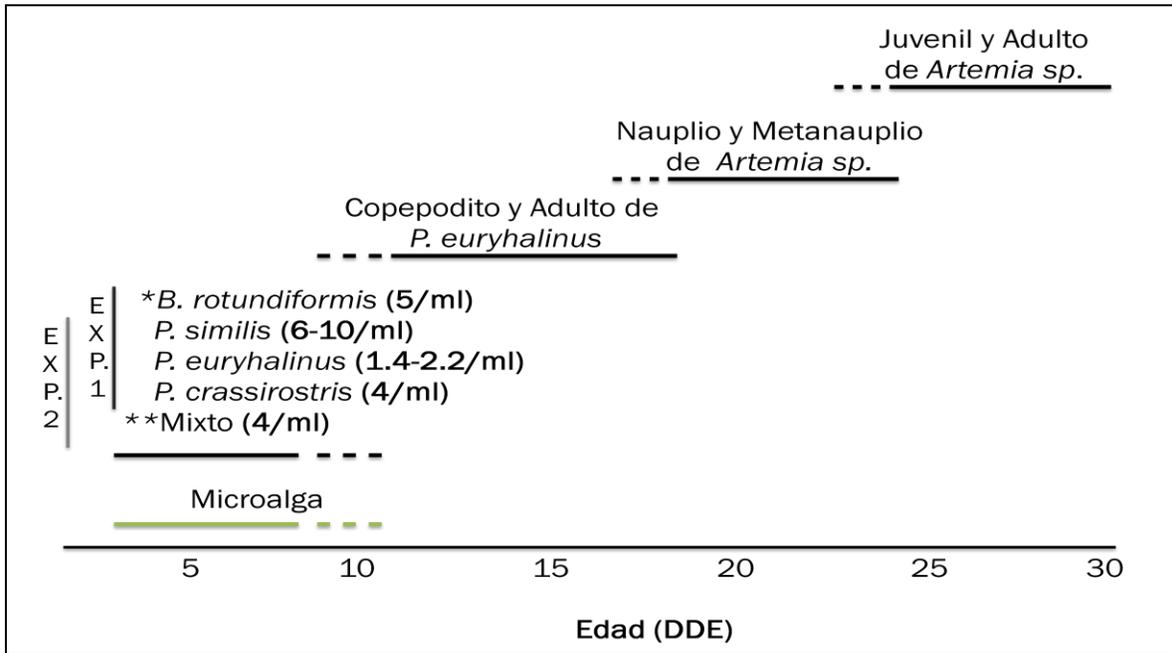


Figura 2.- Calendarios de alimentación utilizados en los experimentos de crianza larvaria de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*. Las líneas punteadas denotan cambios transicionales del tipo de presa.

*Tratamiento de *B. rotundiformis* descartado para el segundo experimento.

**Tratamiento Mixto incorporado en el segundo experimento

4.4 Eficiencia alimenticia

Para la evaluación de la eficiencia alimenticia se extrajeron cuidadosamente con la ayuda de una varilla de vidrio, 30 organismos por tratamiento. Se colocaron en cajas de Petri y se anestesiaron añadiendo 2-fenoxietanol (35ppm). Mediante el uso de estereomicroscopio, se observó la presencia o ausencia de alimento. La eficiencia alimenticia se compone de dos índices, el primero es el índice de incidencia alimenticia (Yin & Blaxter, 1987) el cual hace referencia al número de larvas de la muestra que han ingerido alimento.

$$\text{Incidencia Alimenticia} = \frac{\text{No. de larvas con alimento}}{\text{No. total de larvas de la muestra}} \times 100$$

El segundo índice, la intensidad alimenticia, permite estimar la cantidad promedio de presas ingeridas por larva (Yin & Blaxter, 1987). Para el conteo de presas ingeridas fue necesario llevar a cabo la disección del tracto digestivo contabilizando el número y tipo de presa para cada larva, considerando solo aquellas que presentaron alimento, para generar los valores de intensidad alimenticia.

$$\text{Intensidad Alimenticia} = \frac{\sum \text{No. de presas en el tracto digestivo}}{\text{No. de larvas con alimento}}$$

Estas evaluaciones, se llevaron a cabo desde el inicio de la alimentación exógena, la primera vez 6 horas después de agregar el alimento tomando como referencia el criterio generado por Zavala-Leal *et al.*, (2013a) y posteriormente una vez al día, 2 horas posteriores a la adición de la ración de alimento. Se realizó hasta el día 7 DDE o hasta que la incidencia alimenticia alcanzó el 100%.

4.5 Determinación del ancho de boca de la larva

Antes del inicio de la alimentación exógena, se tomó una muestra de larvas y se fijaron en formol al 5%. Posteriormente, las larvas se colocaron en cajas de Petri, observándolas en un microscopio estereoscópico con reglilla graduada para medir el ancho de la boca (n=66) como lo reporta Russo *et al.*, (2009) (Figura 3).

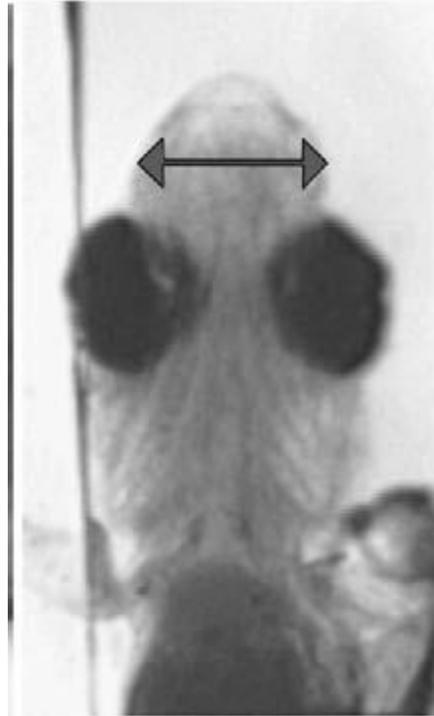


Figura 3.- Puntos de referencia para llevar a cabo la medición del ancho de la boca de larvas de huachinango del Pacífico. Imagen Tomada de Russo *et al.*, (2009).

4.6 Recolecta y medición del tamaño de las presas en la primera alimentación

Las mediciones de las presas se obtuvieron de muestras representativas de sus cultivos, realizados de acuerdo a los procedimientos de Hernández-Alarcón (2016), y previo a su suministro como alimento para las larvas de huachinango.

Los rotíferos *B. rotundiformis* se filtraron sobre malla de 80 μm y *P. similis* sobre malla de 30 μm . Los copépodos *P. crassirostris* se filtraron a través de mallas de 180, 100, 80 μm y los nauplios fueron retenidos en malla de 40 μm . Para *P.*

euryhalinus, la filtración del cultivo fue a través de mallas de 180 μm y reteniendo la fracción de nauplios sobre malla de 100 μm .

Se tomó una muestra de cada presa y se preservaron en formol al 5% para ser fotografiadas con un microscopio estereoscópico conectado a una cámara digital. Por medio del software Image Pro Plus V 4.2 se midió la longitud y el ancho del cuerpo de los organismos de una muestra representativa ($n=100$). En dichas mediciones no se consideraron las espinas y los apéndices

4.7 Crecimiento larvario

Se extrajeron 30 larvas por tratamiento cada 5 días con el fin de evaluar el crecimiento en longitud total (LT). Las larvas fueron colocadas en cajas de Petri y anestesiadas con 2-fenoxietanol (4ppm). Posteriormente fueron fotografiadas con una cámara digital (Hitachi KP-D50) integrada a un microscopio estereoscópico (Olympus). Las mediciones se hicieron sobre las imágenes, mediante el software Image Pro Plus V 4.5.

Se evaluó la tasa absoluta de crecimiento (TAC), la cual nos muestra el incremento de talla diario (mm/día), así como la tasa específica de crecimiento (TEC), que nos muestra el porcentaje de crecimiento diario (%/día) de las larvas. Ambas se evaluaron por medio de las fórmulas propuestas por Wootton (1991).

$$\text{TAC} = (\text{LT}_{t_2} - \text{LT}_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

Donde: LT_{t_2} = Talla al tiempo 2

LT_{t_1} = Talla al tiempo 1

t_1 y t_2 = tiempo 1 y 2

$$TEC = 100 * \{[\ln (LT_{t_2}) - \ln (LT_{t_1})] / t_2 - t_1\}$$

Donde: ln = logaritmo natural

LT_{t_2} = Talla al tiempo 2

LT_{t_1} = Talla al tiempo 1

t_1 y t_2 = tiempo 1 y 2

4.8 Supervivencia

La mortandad de las larvas se evaluó únicamente en el 2^{do} Experimento, a partir del día 15 y hasta el final del experimento (día 30 DDE), extrayendo a diario con un sifón las larvas muertas acumuladas en el fondo de cada tanque y colocándolas en cajas de Petri para su conteo y considerarlas como organismo vivos del día anterior a su extracción.

Para calcular la supervivencia final se contabilizaron las larvas vivas y se calcularon los porcentajes para cada tratamiento:

$$\% \text{ Supervivencia Final} = \frac{\# \text{ de larvas vivas al día 30 DDE}}{\# \text{ total de larvas sembradas}} * 100$$

El retro-cálculo de supervivencia diaria se realizó partiendo del día 30 DDE, considerando el total de larvas vivas y adicionando las larvas muertas recolectadas a la mañana siguiente, tomando como base el número de larvas sembradas al inicio del experimento.

$$\% \text{ Supervivencia a día } x = \frac{\# \text{ de larvas vivas al día } x + \text{Larvas muertas al día } x+1}{\# \text{ total de larvas sembradas}} * 100$$

4.9 Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el software estadístico Statistic Versión 6.0 de Statsoft. Los datos obtenidos de intensidad alimenticia fueron sometidos a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza; cumpliendo estos supuestos fueron analizados a través de un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) para verificar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la cantidad promedio de presas ingeridas por las larvas. Se realizaron pruebas a posteriori de Tukey.

En ambos experimentos, se comparó la longitud total de las larvas entre los diferentes tratamientos, por medio de un análisis de varianza de una vía (ANDEVA), una vez cumplidos los supuestos de normalidad y homogeneidad. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos se llevaron a cabo pruebas a posteriori de Tukey.

Para la tasa absoluta (TAC) y específica (TEC) de crecimiento se llevaron a cabo análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis para evidenciar la existencia o no de diferencias significativas en el aumento diario en talla entre los diferentes tratamientos.

Al final del experimento 2, se calcularon los porcentajes de supervivencia entre los tratamientos y se compararon mediante un análisis de varianza.

5. RESULTADOS

5.1 Parámetros

Las condiciones fisicoquímicas en el cultivo larvario de *Lutjanus peru* se trataron de mantener lo más estables posible durante el desarrollo de los trabajos, apreciando en la Tabla 2 las modificaciones implementadas para el experimento 2, dónde la instalación de un tanque de oxígeno permitió incrementar su concentración. En el experimento 1, el fotoperiodo seleccionado fue de 24 horas luz a una intensidad de 2000 lux, tomando en consideración la información generada por Zavala-Leal *et al.*, (2013a) hasta el día 16 DDE para fomentar el consumo de alimento de las larvas. A partir del día 17 DDE el fotoperiodo se cambió a 12 L:12 O.

En el segundo experimento y debido a la elevada mortalidad registrada en el primer experimento a temprana edad (día 15 DDE), se optó por modificar las condiciones de cultivo. Se modificó la intensidad de luz a 500 lux con un fotoperiodo de 12 L: 12 O y se incorporó un tanque de oxígeno clínico complementario a la aireación, a partir del día 14 DDE. En este experimento, las concentraciones de amonio fueron menores que en el experimento anterior y el oxígeno disuelto se mantuvo con valores más altos, con un promedio de 5.5 mg/L (Tabla 2).

No se llevó a cabo recambio en los tanques hasta el día 9 DDE (130 ml/min) cuando fueron abiertas las llaves que regulan la entrada de agua de mar impulsada por la bomba de recirculación y posteriormente el flujo se incrementó el día 14 DDE (750 ml/min) y entre los días 20 a 30 DDE hasta 1650 ml/min (Tabla 2).

Tabla 2.- Parámetros fisicoquímicos (promedio y desviación estándar) durante los 30 días de crianza larvaria del huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*).

	Experimento 1	Experimento 2
Temperatura (°C)	25.1 ± 0.6	24.2 ± 0.5
Salinidad (UPS)	35 ± 0.5	35 ± 0.8
O ₂ disuelto (mg/L)	3.0 ± 0.4	5.5 ± 1.3
Amonio Total (mg/L)	0-1.5	0-0.8
Amoniaco (mg/L)	0-0.034	0-0.018
Fotoperiodo (L/O)	24/0 y 12/12	12/12
Intensidad de luz (lux)	2000	500
Recambio	9 (130)	9 (130)
DDE (ml/min)	14 (750)	14 (750)
	20 (1650)	20 (1650)
Aireación	0-10 (5)	0-10 (5)
DDE (ml/min)	11-15 (10)	11-15 (10)
	16-30 (40)	16-30 (40)

A partir del día 6 DDE los valores del amonio total y amonio tóxico en los tanques de crianza larvaria comenzaron a incrementarse en todos los tratamientos, alcanzando los valores más altos para el día 14 DDE, siendo el tratamiento alimentado con el nauplio del copépodo *P. crassirostris* el que presentó la mayor concentración con 0.029 mg/L de amonio tóxico, por lo que el flujo de agua se incrementó a partir de este día para obtener una mayor tasa de recambio, logrando contrarrestar dichos valores de amonio total y tóxico hasta el final del experimento (Figura 4 y 5).

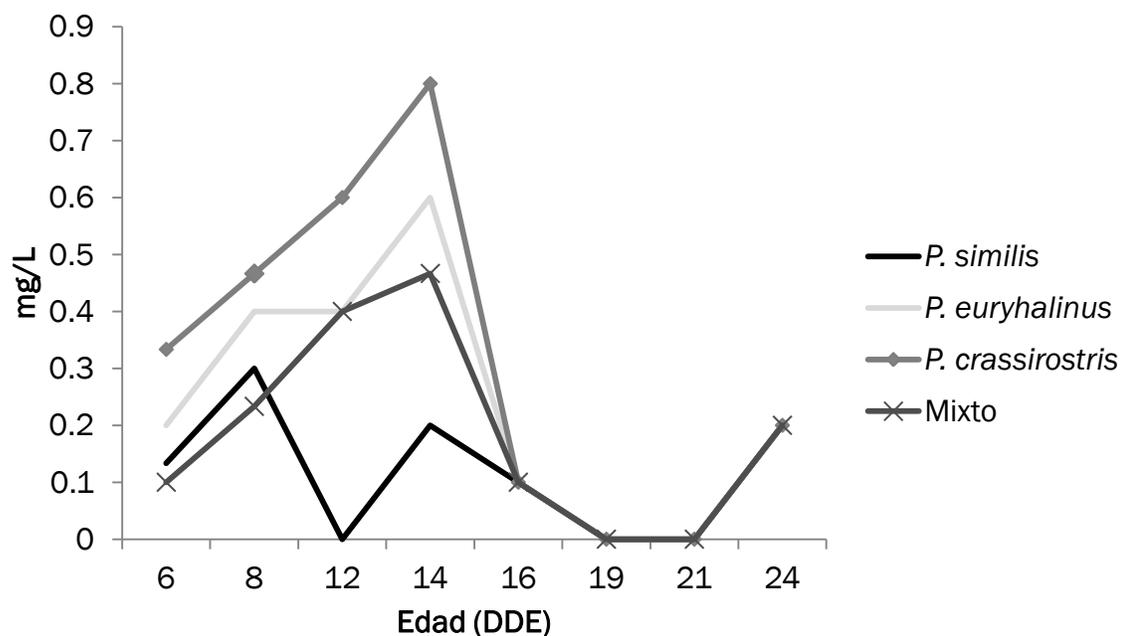


Figura 4.- Valores observados de Amonio Total (NH₃-NH₄) durante la crianza larvaria del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

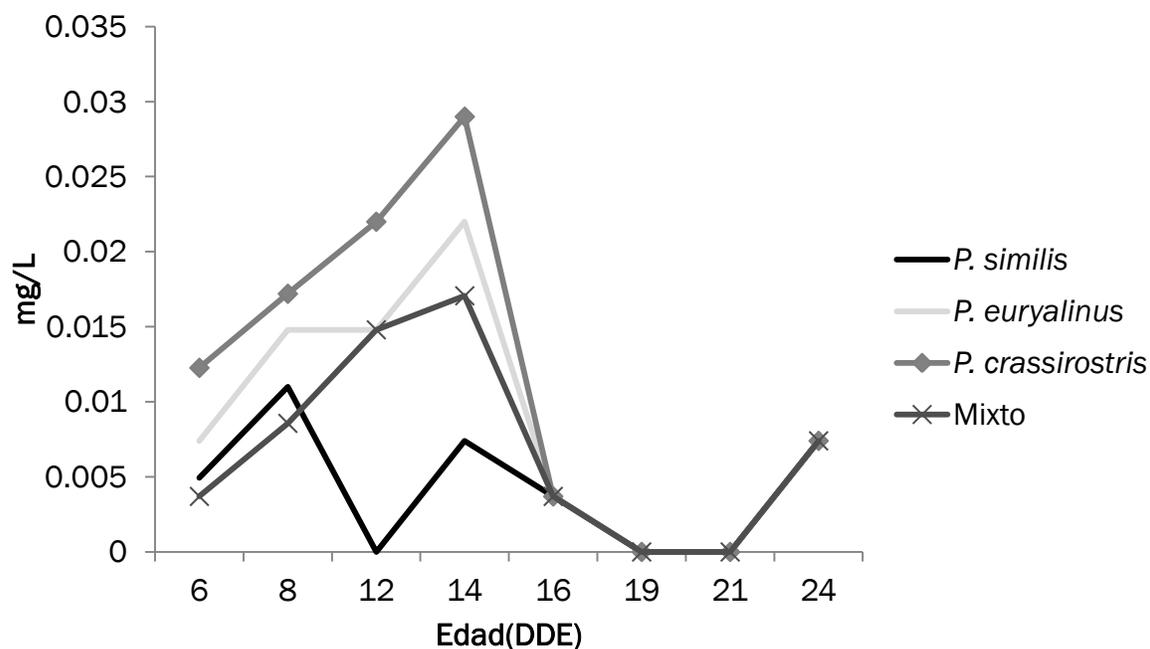


Figura 5.- Valores observados de Amonio tóxico (NH₃) durante la crianza larvaria del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

5.2 Ancho de boca de la larva

En el transcurso del día 3 DDE, al momento de dar inicio la alimentación exógena, la larva de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* presentó una longitud de 3.12 mmLT y un ancho de boca promedio de $197.81 \pm 8.81 \mu\text{m}$ (rango de 180-220 μm).

5.3 Tamaño de presas

Los tamaños promedios de largo de las presas utilizadas durante la primera alimentación (día 3 DDE) difieren todas entre sí, siendo *B. rotundiformis* la que presenta el valor significativamente mayor ($P < 0.05$), seguido del nauplio de *P. euryhalinus*, *P. similis* y el nauplio de *P. crassirostris*.

En cuanto al ancho de las presas se observó que las tallas del rotífero *P. similis* y el nauplio del copépodo *P. crassirostris* son significativamente menores ($p < 0.05$) y similares entre sí. Mientras que el rotífero *B. rotundiformis* y el nauplio del copépodo *P. euryhalinus* presentaron tallas significativamente mayores ($p < 0.05$) (Tabla 3).

Tabla 3.- Tamaño promedio de largo (L) y ancho (A) de las presas utilizadas durante la primera alimentación de larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

	<i>B. rotundiformis</i>	<i>P. similis</i>	Nauplio <i>P. euryhalinus</i>	Nauplio <i>P. crassirostris</i> .
Largo (μm)	177 ± 15^a	100 ± 7^c	163 ± 15^b	74 ± 3^d
Ancho (μm)	134 ± 11^a	41 ± 4^c	90 ± 7^b	43 ± 3^c

Nota: Los superíndices diferentes denotan diferencias significativas en largo o ancho.

5.4 Eficiencia Alimenticia

El día que inició la alimentación exógena (día 3 DDE) durante el Experimento 1, los valores de incidencia alimenticia presentaron grandes diferencias entre los tratamientos, siendo el tratamiento con nauplio del copépodo *P. crassirostris* el que presentó la mayor proporción de larvas con alimento en el tracto digestivo (69%), mientras que el resto de los tratamientos fluctuaron entre 10%-38%. Para el siguiente día (día 4 DDE), se alcanzó el 100% de incidencia en el tratamiento con *P. crassirostris*. El resto de los tratamientos, aún cuando registraron un ligero incremento con respecto al día anterior, mantuvieron valores de incidencia entre 40%-65%. Fue hasta el día 6 DDE, cuando los tratamientos alimentados con los rotíferos *B. rotundiformis* y *P. similis* alcanzaron el 100% de incidencia alimenticia. En el tratamiento a base de nauplio de *P. euryhalinus* no se observaron larvas vivas para el día 5 DDE (Tabla 4).

En el Experimento 2, al iniciar la alimentación exógena, al día 3 DDE, el tratamiento a base de nauplio de copépodo *P. crassirostris* registró los mayores valores y alcanzó 100% de incidencia. En el tratamiento Mixto, el 69% de las larvas consiguieron ingerir alimento el día 3 DDE, el resto de los tratamientos probados *P. similis* y *P. euryhalinus* presentaron los valores más bajos con 2% y 17%, respectivamente. Fue hasta el día 6 DDE para los tratamientos *P. similis* y *P. euryhalinus* y hasta el día 7 para el tratamiento Mixto cuando alcanzaron el 100% de incidencia alimenticia (Tabla 4).

Tabla 4.- Incidencia alimenticia y su progresión diaria en larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

DDE	<i>B. rotundiformis</i> *		<i>P. similis</i>		<i>P. euryhalinus</i>		<i>P. crassirostris</i>		Mixto*	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
3	10	-	38	2	23	17	69	100	-	69
4	40	-	65	26	56	13	100	100	-	76
5	94	-	92	57	**	40	N/D	N/D	-	92
6	100	-	100	100		100			-	97
7	N/D	-	N/D	N/D		N/D			-	100

*Tratamiento de *B. rotundiformis* fue utilizado solo en el experimento 1.

*Tratamiento Mixto (*P. similis*, *P. euryhalinus* y *P. crassirostris*) fue utilizado en el Experimento 2.

**Para el día 5 DDE en el tratamiento alimentado con *P. euryhalinus* no se observaron larvas vivas.

N/D= No determinado, al completar el 100% de incidencia alimenticia.

5.4 Intensidad alimenticia

La intensidad alimenticia en el experimento 1, fue mayor al suministrar el nauplio del copépodo *P. crassirostris* consumiendo en promedio 3.3 presas por larva al inicio de la alimentación exógena (día 3 DDE), siendo este valor significativamente mayor ($p < 0.05$) al resto de los tratamientos, los cuales presentaron valores muy similares entre sí, con 1.4-1.5 presas por larva (Tabla 5). Para el día 4 DDE se presentó una pequeña baja en la ingesta de presas en el tratamiento de *P. crassirostris* (2.6 presas/larva), sin presentarse diferencias significativas entre los tratamientos para este día. Para el último día en que se llevó a cabo la evaluación (día 5 DDE), se mantuvo un mayor consumo promedio con 6.9 presas con el nauplio de *P. crassirostris*, seguido por los tratamientos alimentados con *B. rotundiformis* y *P. similis* con 4.1 y 3.8 presas por larva, respectivamente, sin presentar diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los 3 tratamientos. Del tratamiento alimentado con nauplio *P. euryhalinus*, no sobrevivieron larvas para llevar a cabo la evaluación.

En el experimento 2, las larvas alimentadas con nauplios de *P. crassirostris* presentaron una intensidad alimenticia significativamente mayor al resto de los tratamientos al dar inicio la primera alimentación (día 3 DDE). La intensidad menor se presentó con el rotífero *P. similis* seguida del tratamiento de *P. euryhalinus* y de Mixto. Para el día 4 DDE, se observó un incremento en la ingesta de presas en los tratamientos analizados (Tabla 5). Sin embargo, las larvas alimentadas con nauplios de *P. crassirostris* presentaron aún valores de ingesta significativamente mayores. El día 5 DDE el tratamiento con *P. crassirostris* dejó de evaluarse pero el Mixto mantuvo su intensidad de consumo y para el día 6 DDE el tratamiento con *P. similis* manifestó un aumento al doble en su consumo de presas. Para el día 7 DDE, solo se llevó a cabo la evaluación del tratamiento Mixto, ya que era el único que no había alcanzado el 100% de incidencia alimenticia, por lo que no se pudieron llevar a cabo comparaciones entre tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5.- Evaluación de la Intensidad alimenticia y su progresión diaria en los experimentos 1 y 2, en larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

DDE	<i>B. rotundiformis</i> *		<i>P. similis</i>		<i>P. euryhalinus</i>		<i>P. crassirostris</i>		Mixto*	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
3	1.5±0.6 ^b	-	1.4±0.5 ^b	1±0	1.5±0.6 ^b	2.2±0.8 ^c	3.3±1.3 ^a	4.3±4.3 ^a	-	3.2±1.6 ^b
4	2.2±1.3 ^a	-	2.1±1.1 ^a	1.5±0.9 ^c	1.2±0.4 ^a	1±0	2.6±1.8 ^a	5.2±2.3 ^a	-	4.2±3.4 ^b
5	4.1±2.7 ^a	-	3.8±3.5 ^a	1.9±0.9 ^b	**	2.1±2 ^b	6.9±2.0 ^a	N/D	-	3.9±2.4 ^a
6	N/D	-	N/D	4.4±2.5 ^b		2.7±1.2 ^a	N/D		-	2.8±1.4 ^a
7		-		N/D		N/D			-	4.2±2.8

Nota: Los superíndices denotan diferencias significativas entre tratamientos en cada día y por experimento.

*Tratamiento de *B. rotundiformis* utilizado solo en el Experimento 1. En el Experimento 2 se incorporó el tratamiento Mixto.

**La mortalidad del tratamiento *P. euryhalinus* durante el experimento 1 fue total para el día 4 DDE.

N/D=No Determinado, al completar el 100% de incidencia alimenticia.

5.5 Análisis de preferencia de presa

Ante el suministro de una mezcla de presas en igual proporción desde el inicio de la alimentación exógena (tratamiento Mixto), se evidenció la preferencia de las larvas por ingerir únicamente nauplios del copépodo *P. crassirostris* al inicio de la alimentación (día 3 DDE). Las larvas ingirieron nauplios de la otra especie de copépodo (*P. euryhalinus*) y el rotífero (*P. similis*) a partir de los días 4 y 5 DDE, respectivamente, sin embargo se aprecia la tendencia a disminuir la preferencia por este tipo de presas al reducir consistentemente de un 42% a 18% y de un 9% a 1%, respectivamente, mientras que la preferencia por el nauplio de *P. crassirostris* estuvo por encima del 50% en los 7 días de evaluación (Figura 4).

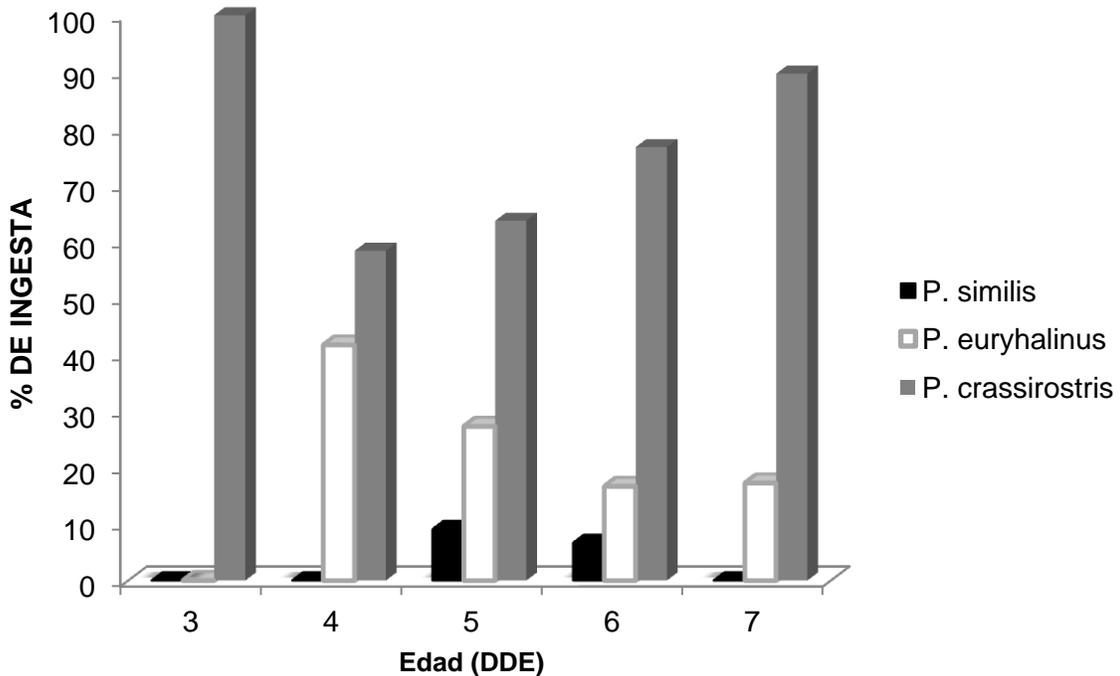


Figura 6.- Preferencia de ingesta diaria por larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* de las presas que formaron parte del tratamiento Mixto, hasta el día 7 DDE.

5.7 Crecimiento larvario

Las larvas de huachinango del Pacífico al momento de la eclosión presentaron una longitud total de 2.32 mm, y 3.12 mm al momento de dar inicio la alimentación exógena (día 3 DDE).

En el 1^{er} Experimento, la longitud total (LT) de las larvas registrada el día 5 DDE fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en el tratamiento con nauplio de copépodo *P. crassirostris* (4.20 mmLT). Para los días 10 y 15 DDE se presentaron en este mismo tratamiento una LT significativamente mayor al resto (4.20 y 5.77 mmLT, respectivamente). Las larvas alimentadas con los rotíferos *P. similis* y *B. rotundiformis*, no presentaron diferencias significativas entre sí desde el día 5 hasta el día 15 DDE. Para el día 20, la LT de las larvas no presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos donde aún se observaron larvas vivas ($p > 0.05$) (Tabla 6). Este día ocurrió la mortalidad total de las larvas y las evaluaciones que pretendían llevarse a cabo hasta el día 30 DDE, no pudieron concretarse.

Tabla 6.- Experimento 1. Longitud total promedio (mm) \pm DE registrada en los diferentes tratamientos durante el cultivo larvario del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

Edad (DDE)	<i>B. rotundiformis</i>	<i>P. similis</i>	<i>P. euryhalinus</i>	<i>P. crassirostris</i>
5	3.05 \pm 0.08 ^b	2.95 \pm 0.28 ^b	N/D	3.25 \pm 0.08 ^a
10	3.63 \pm 0.35 ^b	3.90 \pm 0.24 ^b		4.20 \pm 0.31 ^a
15	4.65 \pm 0.49 ^b	4.89 \pm 0.66 ^b		5.77 \pm 1.04 ^a
20	N/D	7.27 \pm 0.67 ^a		7.99 \pm 1.55 ^a

Nota: Superíndices diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para cada día

*N/D. No se llevaron a cabo evaluaciones ya que no se observaron larvas vivas en los tratamientos.

Los resultados de LT para el 2_{do} experimento se presentan en la tabla 7. Se pudo apreciar para los días 5 y 10 DDE, que los tratamientos *P. crassirostris* y Mixto presentaron las mayores tallas, siendo significativamente mayores ($p < 0.05$) que los dos tratamientos restantes. A partir del día 15 la diferencia que entre los tratamientos *P. crassirostris* y Mixto que venían manifestando una mejor tendencia de crecimiento, comenzaron a semejarse al resto de los tratamientos hasta dejar de mostrar diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellos para el día 25 DDE en que ya no hubo representatividad de larvas en el tratamiento *P. euryhalinus*. La misma falta de representatividad de larvas ocurrió para el tratamiento *P. similis* al día 30 DDE, en ese momento (día 30 DDE), las larvas de los tratamientos *P. crassirostris* y Mixto ya no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) con 18.52 y 19.09 mmLT, respectivamente (Tabla 7).

Tabla 7.- Experimento 2. Longitud total promedio (mm) registrada en los diferentes tratamientos durante el cultivo larvario del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

Edad (DDE)	<i>P. similis</i>	<i>P. euryhalinus</i>	<i>P. crassirostris</i>	Mixto
5	3.04 ± 0.10 ^b	3.08 ± 0.11 ^b	3.34 ± 0.09 ^a	3.25 ± 0.14 ^a
10	3.45 ± 0.25 ^c	3.69 ± 0.30 ^b	4.14 ± 0.26 ^a	3.97 ± 0.31 ^a
15	4.67 ± 0.62 ^c	4.90 ± 0.50 ^{bc}	5.26 ± 0.60 ^{ab}	4.99 ± 0.56 ^{ab}
20	6.75 ± 1.06 ^b	8.61 ± 1.47 ^a	8.34 ± 1.19 ^a	8.07 ± 1.29 ^a
25	10.41 ± 2.46 ^a	N/D	10.98 ± 2.63 ^a	11.08 ± 2.65 ^a
30	N/D		18.52 ± 2.65 ^a	19.09 ± 3.37 ^a

Nota: Superíndices indican diferencias significativas entre tratamientos para cada día.

*N/D. No Determinado debido a la mortalidad total de las larvas.

5.8 Tasa absoluta de crecimiento

Las larvas de huachinango del Pacífico sometidas a diferentes alimentos durante los primeros días de cultivo, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos en ninguno de los períodos analizados en la TAC. Entre los días 0 y 10 DDE, se observó un crecimiento de entre 0.31-0.41 mm/día. Entre los días 11 y 20 DDE se presentó un crecimiento entre 0.41-0.49 mm/día. El mayor incremento diario en longitud, se presentó en el período que abarcó de los días 21 al 30 DDE, con una tasa de crecimiento de 1.02-1.1 mm/día para los tratamientos donde todavía se podía observar larvas vivas, *P. crassirostris* y Mixto (Figura 5).

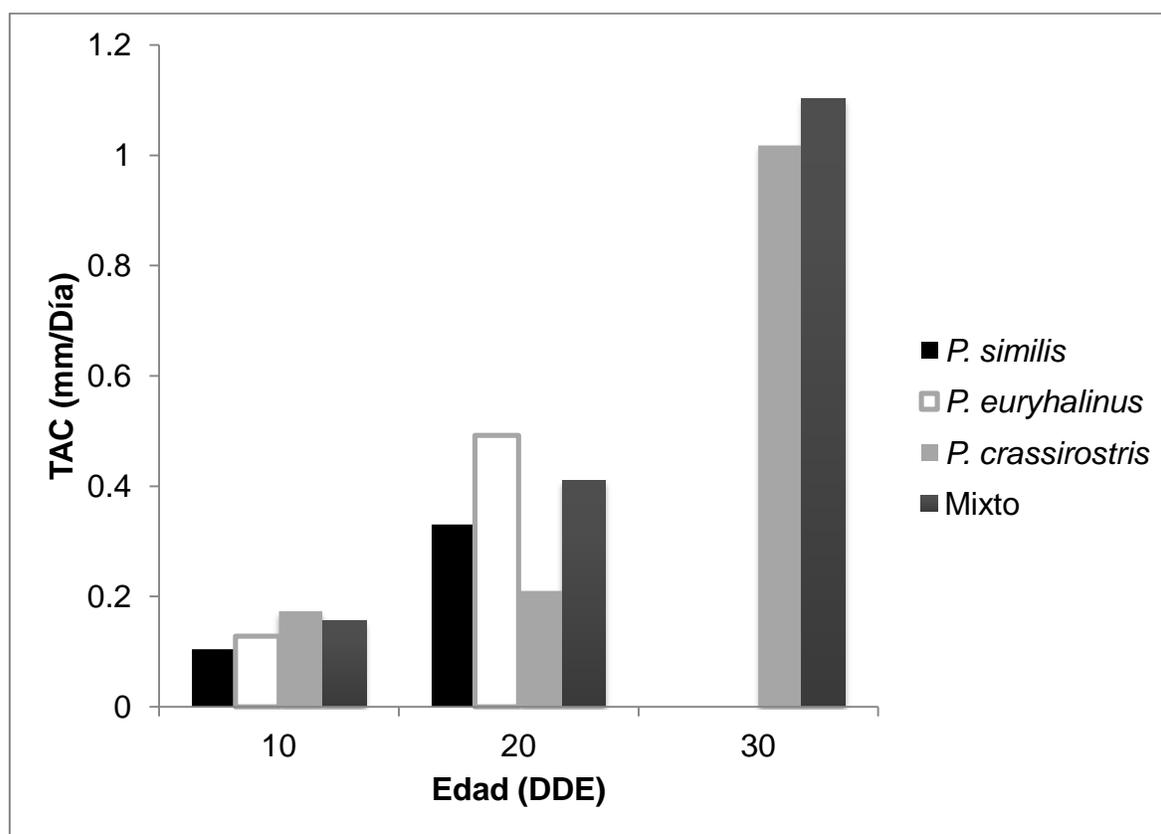


Figura 7.- Tasa absoluta de crecimiento de larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* entre la eclosión y el día 10 DDE, día 10 y 20 DDE y entre día 20 y 30 DDE.

5.9 Tasa específica de crecimiento

El crecimiento diario en porcentaje, no presentó diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos probados ni en los períodos analizados ($P>0.05$). Hasta el día 10 DDE se presentó una TEC de 3.5 a 5.4%/día. Entre los días 10 y 20 DDE, la TEC fue 6.7 a 8.5%. Sin embargo, para este período se pudo notar una tendencia hacia un mayor incremento en las larvas alimentadas con nauplio y copepodito de *P. euryhalinus*. Para el último período de tiempo, entre los días 20 y 30 DDE, los dos tratamientos que presentaron larvas vivas (*P. crassirostris* y Mixto), registraron un crecimiento de 7.9 a 8.6%/día (Figura 6).

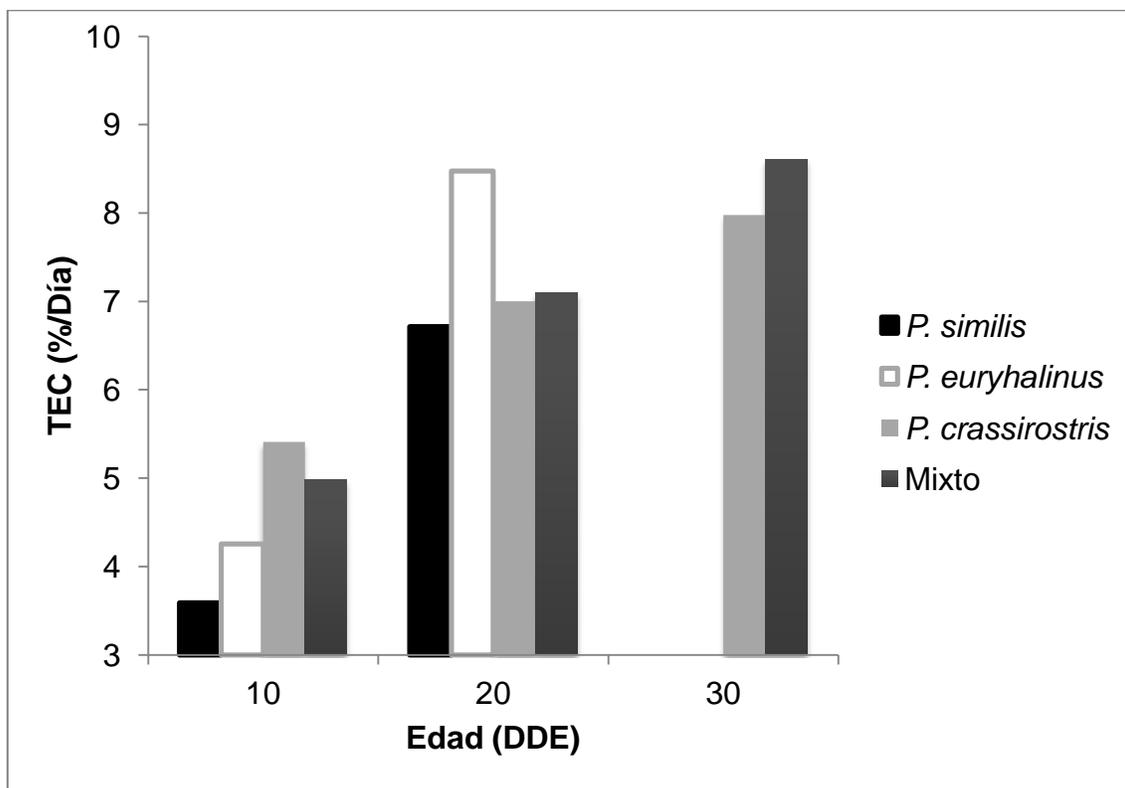


Figura 8.- Tasa específica de crecimiento de larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (%/día) en períodos de 10 días (días 0-10, 10-20 y 20-30) hasta el final del experimento.

5.10 Supervivencia

La supervivencia de larvas de huachinango del Pacífico se evaluó únicamente en el 2^{do} Experimento. Los datos muestran que el número de larvas vivas fue significativamente superior ($P < 0.05$) en los tratamientos de *P. crassirostris* y Mixto con 21.6% y 30.2% al día 15 DDE, respectivamente. El día 25 DDE, se muestrearon las últimas larvas vivas en el tratamientos de *P. similis* y para el día 20 DDE en *P. euryhalinus*, mientras que en los tratamientos de *P. crassirostris* y Mixto se presentaron larvas vivas hasta el final del experimento (día 30 DDE), con valores de supervivencias de 1.1% y 0.8%, respectivamente (Tabla 8).

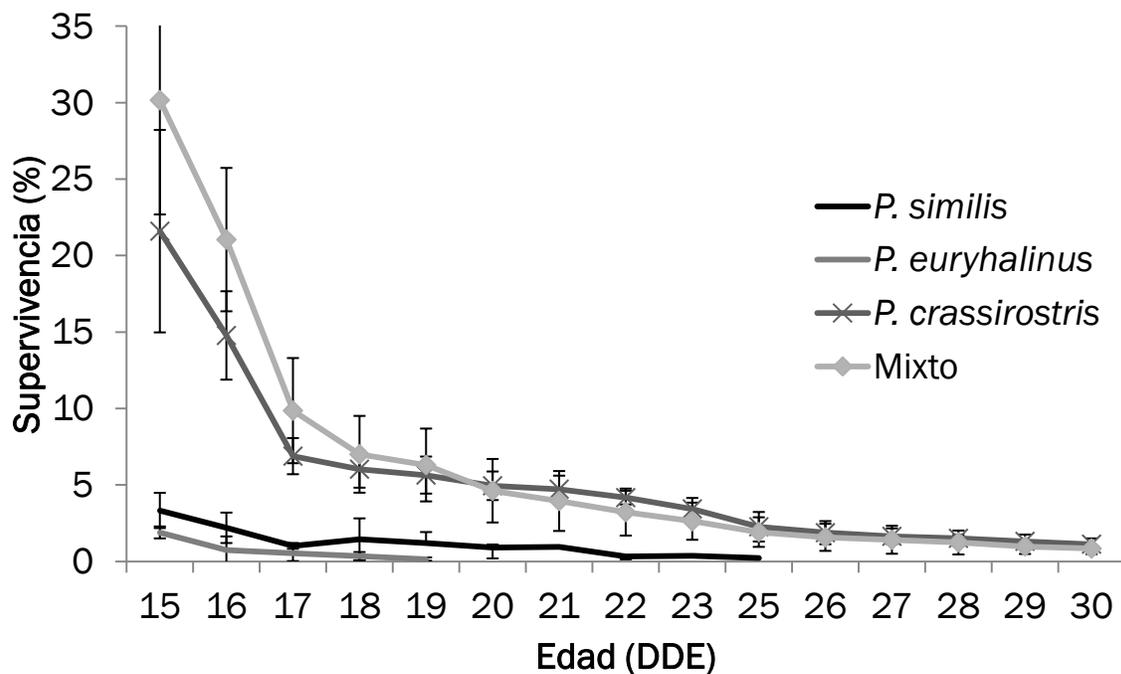


Figura 9.- Experimento 2. Supervivencia de larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* en los diferentes tratamientos del día 15 al 30 DDE.

6. DISCUSIÓN

En el ámbito de la acuicultura, existen situaciones diversas que complican el despunte del cultivo de nuevas especies marinas de importancia comercial. Entre estas destaca como una de las más críticas, la crianza larvaria, durante la cual diferentes factores afectan el crecimiento y la supervivencia de las larvas, como pueden ser los tipos de presa y su calidad nutricional, el pequeño tamaño de las larvas y de su boca, la fragilidad de éstas desde el momento de la eclosión, así como la cantidad reducida de reservas energéticas, que en la mayoría de las especies tropicales son absorbidas rápidamente (2 - 3 días), por lo que la ingesta de alimento debe ocurrir casi de manera inmediata (Cunha & Planas, 1999; Civera-Cerecedo *et al.*, 2004). Estos han sido señalados como unos de los factores responsables del éxito del cultivo larvario y han convertido esta etapa en el principal “cuello de botella” (Prieto & Atencio, 2008).

Hjort (1914) menciona un período crítico hipotético para larvas de peces marinos en su hábitat natural, sugiriendo que la supervivencia a través de estas etapas podría verse afectada de dos maneras: la primera por la falta de alimento en el momento en que las larvas inician la alimentación exógena, lo que podría desencadenar una mortalidad catastrófica; y la segunda a causa de corrientes que podrían transportar a las larvas hacia áreas desfavorables para su posterior desarrollo, lo que resulta en una alta mortandad.

6.1 Aspectos relacionados con la boca de la larva y tipo de presa

El tamaño de la boca de las larvas de peces restringe mecánicamente el tamaño de partícula que tienen capacidad de ingerir (Doi *et al.*, 1997a; Russo *et al.*, 2009). Hunter (1981) ha argumentado que el ancho óptimo de las presas al momento de la primera alimentación equivale al 25-35% del ancho de la boca de la larva de peces marinos. Esta relación se incrementa al 50% conforme los días pasan (Hunter, 1981). En el presente estudio las larvas de *Lutjanus peru* presentaron

un ancho de boca promedio de 198 μm (180-220 μm) al dar inicio la alimentación exógena (3 DDE), muy cercano a lo reportado por Doi *et al.*, (1997a) quien registró entre 166-188 μm de ancho de boca para el pargo *Lutjanus argentimaculatus*; por su parte Russo *et al.*, (2009) reportan un ancho de boca de 98-120 μm para el mero *Epinephelus marginatus*.

De acuerdo con lo anterior el tamaño óptimo de la presa a utilizar en la primera alimentación de la crianza larvaria del huachinango del Pacífico (*L. peru*), estaría cercano a las 50 μm . De hecho, el tamaño de las presas afectó de manera importante los valores de eficiencia alimenticia observándose un valor bajo de incidencia alimenticia (10% el día 3 DDE) con el rotífero *B. rotundiformis*, debido a que su ancho de lorica (134 μm) representó el 67% del ancho de boca de la larva, excediendo su capacidad al inicio de la alimentación exógena. Zavala-Leal *et al.*, (2013a) reportaron para larvas de huachinango del Pacífico el nulo consumo de esta misma presa durante la primera alimentación. Bonlipatanon (1988) reportó también alta mortalidad de pargo *Lutjanus argentimaculatus* alimentados con rotíferos del género *Brachionus*, además Doi *et al.*, (1997a) mencionan que el uso de rotíferos en la primera alimentación de meros y pargos no presenta resultados alentadores, atribuyéndolo a que el tamaño de boca de la larva puede no ser lo suficientemente grande para ingerir este tipo de presas. Wullur *et al.*, (2011) y Hagiwara *et al.*, (2014) sugieren al rotífero *P. similis* como presa potencial durante la primera alimentación para larvas que presentan boca pequeña, cuyo tamaño (41 μm de ancho de lórica) es equivalente al 20.7% del ancho de boca de la larva de huachinango. Los valores de eficiencia alimenticia con dicha presa (38% y 1.4 presa/ larva al día 3 DDE), fueron superiores a los presentados con el otro rotífero (*B. rotundiformis*) de mayor ancho de lórica. Se puede inferir que la reducida talla que presenta *P. similis* reflejó un incremento de su consumo, sin embargo, fue muy inferior a lo obtenido con el nauplio de copépodo *P. crassirostris* (69 a 100% y 3.3 a 4.3 presas/larva).

El nauplio del copépodo *P. euryhalinus* presentó un ancho de 90 μm , equivalente al 45% del ancho de boca de la larva de huachinango del Pacífico, reflejándose en una baja eficiencia alimenticia durante el desarrollo de ambos

experimentos (17 a 23% y 1.5 a 2.2 presas/larva), atribuyéndose el tamaño que presenta como un limitante para su captura; sin embargo, se considera un buen candidato para utilizarse en días posteriores cuando el aprendizaje adquirido y las necesidades de las larvas por una presa de mayor tamaño son evidentes de acuerdo a lo citado por algunos autores (Hunter, 1981; Pascual & Yúfera, 1987).

El nauplio del copépodo *P. crassirostris*, fue la presa que presentó el mayor consumo, llegando al 100% de incidencia alimenticia el día 4 DDE en el 1^{er} experimento y el día 3 DDE en el 2^{do} experimento. Ashton & Rust (2003) mencionan que un índice de eficiencia alimenticia superior al 50% se considera un indicador que favorecerá una mayor supervivencia en etapas posteriores del desarrollo, por lo que de acuerdo con estos autores, los resultados obtenidos en este trabajo con larva de huachinango pueden considerarse por demás alentadores y exitosos. Esta presa con un ancho de 41µm equivalente al 20% del ancho de la boca de la larva, considerada como la presa ideal para este período crítico del inicio de la alimentación exógena. De acuerdo con lo reportado por Hernández-Alarcón (2016) esta especie alimentada con una mezcla de microalgas, presenta un perfil nutricional adecuado, situación señalada por otros autores en referencia al aporte de ácidos grasos altamente insaturados (ARA, EPA Y DHA) esenciales para el adecuado desarrollo larvario de peces marinos (Nanton & Castell, 1998; Van der Meeren *et al.*, 2007).

El éxito en la eficiencia alimenticia de estadios naupliares de tallas pequeñas de diferentes copépodos ha sido demostrado en otras especies de peces marinos que también presentan un pequeño tamaño de boca; Zavala Leal *et al.*, (2013a) utilizaron el nauplio del copépodo *Euterpina acutifrons* en la primera alimentación de larvas de huachinango del Pacífico, sin embargo solamente en dos de seis experimentos realizados refieren al uso de nauplios pequeños con ancho promedio de 46 µm y reportaron una eficiencia alimenticia de 16.6 a 37.7% y 1.0 a 1.3 presas / larva. Dichos resultados para el día 3 DDE son superiores a los del presente trabajo cuando se suministraron rotíferos (*B. rotundiformis* con 10%; *P. similis* con 2 a 38%) y el nauplio del copépodo *P. euryhalinus* con 17 a 23%) pero son considerablemente inferiores a cuando se suministró el nauplio de *P. crassirostris* con incidencia de 69 a

100%. Doi *et al.*, (1997b) observó una incidencia entre 88-91% al inicio de la alimentación exógena con nauplio del copépodo *Acartia sinjiensis* (63 µm de ancho) proponiéndola como la presa ideal para anteponerse a la elevada mortalidad presentada en larvas del pargo *Lutjanus argentimaculatus*.

En cuanto a la intensidad alimenticia, los valores fueron similares a lo que observaron Zavala-Leal *et al.*, (2013a) con 1.0 a 2.2 presas / larva, excepto cuando en este trabajo se suministró el nauplio del copépodo *P. crassirostris* arrojando valores de 3.3 a 4.3 presas / larva.

La eficiencia alimenticia aumentó progresivamente conforme transcurrieron los días, sin embargo el tratamiento con *P. crassirostris* registró 100% de larvas con alimento en el tubo digestivo (día 4 DDE, 1^{er} experimento; día 3 DDE, 2^{do} experimento), más rápidamente que el resto de los tratamientos. En ambos experimentos, los demás tratamientos, la incidencia del 100% fue observada hasta los días 6 y 7 DDE, a excepción del tratamiento alimentado con *P. euryhalinus* en el primer experimento que no presentó larvas vivas al día 6 DDE. Para el segundo experimento a pesar de presentar 100% de larvas con alimento en el tracto digestivo en este tratamiento al día 6 DDE, el hecho de tardarse tanto en alcanzar dicha condición muy probablemente se coincidió con mortalidades elevadas de aquellas larvas que no ingirieron alimento. Russo *et al.*,(2009) observaron 84% de incidencia alimenticia durante los primeros 3 días de alimentación en larvas del mero *Epinephelus marginatus* con el nauplio del copépodo *Acartia clausi* (74 µm ancho) en un cultivo en condiciones de mesocosmos (tanques de 60m³), cuyos resultados son considerados con particularidades debido a interacciones ecológicas derivadas de una cadena alimenticia complementaria pero aún desconocida; por su parte Toledo *et al.*,(1999) obtuvo una mayor eficiencia alimenticia (40 a 100%) en larvas del mero *Epinephelus coioides* alimentadas con mezclas de nauplios de diferentes especies de copépodos, en comparación a las alimentadas con rotíferos (20%). Estos resultados hacen evidente que el tamaño de las presas afecta significativamente los patrones de selectividad de las mismas y lógicamente la eficiencia alimenticia (incidencia e intensidad) (Cunha & Planas, 1999; Prieto & Atencio, 2008).

Los resultados en el tratamiento de Mixto (*P. similis*, *P. euryhalinus* y *P. crassirostris*) siguieron la misma tendencia, a pesar de la disponibilidad de tres diferentes tipos de presa, la larva de huachinango manifestó la máxima preferencia (100%) sobre los nauplios del copépodo *P. crassirostris* al inicio de la primera alimentación (día 3 DDE), poniendo de nueva cuenta en evidencia la excelente aceptación por parte de la larva.

6.2 Aspectos relacionados con la intensidad de luz

La primera alimentación es considerada un período crítico (Hjort, 1914), en el cual la intensidad de la luz puede jugar un importante papel, ya que las larvas son depredadores visuales y utilizan la vista como el principal sentido para localizar a sus presas (Cerqueira & Brugger, 2001), por ende necesitan ambiente con la adecuada cantidad de luz (Blaxter & Staines, 1970; Hunter, 1981). Los ojos de la larva de huachinango del Pacífico durante la primera alimentación son relativamente sencillos, presentando únicamente conos como células foto receptoras, incapaces de distinguir entre diferentes intensidades de luz variables, además los órganos sensoriales como el olfato y el gusto son incipientes (Zavala-Leal *et al.*, 2013b). Al igual que en muchas especies de peces durante los primeros días de vida, por lo que se ha propuesto que el primer estímulo que favorece la alimentación es el movimiento y el tamaño de las presas, sin embargo no se descarta por completo la posibilidad de respuesta ante estímulos químicos (Doving & Knutsen, 1993; Civera-Cerecedo *et al.*, 2004) .

En el presente trabajo con las intensidades de luz utilizadas (2000 lux, 1^{er} Exp. y 500 lux, 2^{do} Exp.) se presentaron valores variables de eficiencia alimenticia. Zavala-Leal (2013a) menciona que la larva de huachinango del Pacífico es incapaz de alimentarse en oscuridad (0 lux), por lo que se considera como se mencionó anteriormente, un depredador visual. También Darriba (1997) reporta nulo consumo de presas en larvas de lenguado *Scophthalmus maximus* en intensidades por debajo de 1 lux.

Las diferencias en intensidad de luz utilizadas al inicio de la alimentación entre los dos experimentos con larvas de huachinango del Pacífico, permitieron la captura de alimento por parte de las larvas, pudiéndose observar en ambos casos la presencia de presas en el tracto digestivo. Aún a menor intensidad de luz durante el 2^{do} experimento, se presentó eficiencia alimenticia mas elevada, donde el tratamiento de nauplio del copépodo *P. crassirostris*, completó el 100% de incidencia alimenticia en el día 3 DDE (primer día del suministro de alimento), comparado con el 69% obtenido en el experimento 1^{er} a 2000 lux. El resto de los tratamientos completaron el 100% hasta los días 6 y 7 DDE en ambos experimentos.

Blaxter (1986) menciona que 500 lux son suficientes para proporcionar una buena iluminación durante la primera alimentación para larvas de peces marinos en condiciones experimentales. Darriba (1997) reporta mayor eficiencia alimenticia para larvas del lenguado *Scophthalmus maximus* a una intensidad de 50 lux en cultivos en agua clara, ya que a mayores intensidades pueden incluso mermar la eficiencia alimenticia. Carton (2005) observó una mejor incidencia alimenticia a mayor intensidad de luz 30%-35% (400 y 900 lux) contra 5%-16% (0, 5 y 50 lux) en la primera alimentación de *Seriola lalandi*. Zavala-Leal *et al.*, (2013a) observan para larvas de huachinango del Pacífico durante la primera alimentación, como la incidencia alimenticia se incrementaba conforme la intensidad de luz, desde 9%-11% entre 500 y 1000 lux y hasta 33% a 2000 lux), sin coincidir con el patrón inverso observado en el desarrollo del presente trabajo, donde se apreció un efecto positivo al disminuir la intensidad de luz de 2000 a 500 lux. No obstante, debe considerarse el hecho de que la información generada por Zavala-Leal *et al.*, (2013a) aunque proviene de larvas de la misma especie, se desarrolló con nauplios de otra especie de copépodos y en acuario de 10 litros además de haber sido evaluada la eficiencia alimenticia una sola vez en la primera alimentación, 6 horas después de ofrecer las presas.

Los incrementos en la eficiencia alimenticia pueden ser atribuidos al aumento en el contraste entre la presa y el entorno, la duración y aumento en la capacidad del nado

de la larva provocando un mayor número de encuentros entre la presa y el depredador (Blaxter, 1986; Peña *et al.*, 2005a; Carton, 2005). Además al transcurrir los días, las larvas adquieren el aprendizaje que les permite ser más eficientes en la captura de presas, situación que se refleja en la progresión de la incidencia e intensidad alimenticias (Pascual & Yúfera, 1987).

Los cambios repentinos de iluminación que ocurren sobre todo durante el encendido de las luces indujeron en las larvas de huachinango un patrón de comportamiento anómalo. De igual manera ocurrió al remover los desechos acumulados en el fondo de los tanques, lo que provocó un aumento del reflejo del fondo de los tanques utilizados (pared de color negro y fondo color blanco). Tal comportamiento se manifiesta en las larvas golpeteándose contra el fondo del tanque aún, a una baja intensidad luminosa, lo cual es resultado de una condición estresante (Tucker, 1998).

6.3 Crecimiento larvario

El crecimiento de las larvas de huachinango del Pacífico se vio afectado por las diferentes presas utilizadas durante los primeros días de alimentación. En ambos experimentos cuando recibieron nauplios del copépodo *P. crassirostris* presentaron mayor longitud total promedio los días 5 y 10 DDE, lo cual se debió a que más larvas consumieron esta presa y en cantidades más altas al inicio de la alimentación exógena y en días posteriores. Las larvas de peces marinos se alimentan naturalmente de nauplios de copépodos y seleccionan activamente dichos nauplios por sus necesidades energéticas, importantes para el crecimiento y la supervivencia (Cunha *et al.*, 2009). Mientras las larvas alimentadas con rotíferos tardaron un mayor número de días en completar el 100% de incidencia alimenticia presentando un menor incremento en longitud, situación además atribuible al menor contenido de ácidos grasos, en los rotíferos que fueron enriquecidos con microalgas y los cuales no cubren los requerimientos recomendados para larvas de peces marinos (Pousao-Ferreira *et al.*, 1997; Hamre *et al.*, 2008; Hernández-Alarcón, 2016).

Para el final del 2^{do} Experimento (día 30 DDE), los tratamientos con *P. crassirostris* y Mixto, presentaron una longitud total promedio entre 18.52 y 19.09 mm. Leu *et al.*, (2003) reportan para larvas de pargo *Lutjanus argentimaculatus* al día 30 DDE una talla de 17.2 mmLT; Boza-Abarca *et al.*, (2008) para larvas del pargo *Lutjanus guttatus* al día 27 DDE alcanzan 8.71 mm LT; Russo *et al.*, (2009) para larvas del mero *Epinephelus marginatus* al día 29 DDE, 10 mm LT. Como se puede apreciar las tallas presentadas en el presente trabajo fueron superiores, mostrando el rápido crecimiento de la larva de huachinango.

La tasa absoluta de crecimiento y tasa específica de crecimiento, evaluada únicamente para el 2^{do} experimento fueron mayores durante los días 20 y 30 DDE, incrementado la longitud de la larva de huachinango entre 1-1.1 mm/día y 7.9%-8.6%/día respectivamente. Estos valores son mayores a los 0.47 mm/día (día 23 DDE) y 0.37 mm/día (día 28 DDE) reportados para *Lutjanus argentimaculatus* por Singhagraiwan & Doi (1993) y Emata *et al.* (1994), respectivamente, mayores también a los 0.35 mm/día para *Epinephelus marginatus* por Russo *et al.* (2009) y a los 0.24 mm/día reportado para *Lutjanus guttatus* por Boza-Abarca (2008).

6.4 Supervivencia

La supervivencia larvaria dentro de los cultivos experimentales puede verse afectada por algunos factores en la calidad del agua. El oxígeno disuelto es crucial ya puede variar dependiendo de la salinidad y la temperatura. Este resulta ser un factor limitante sobre todo en etapas tempranas de desarrollo, por lo que es recomendable mantener valores de oxígeno disuelto superiores 5 mg/L (Colt, 2006) resultando complicado en ocasiones utilizando la aireación convencional a través de sopladores externos, resultando más eficaz recurrir al uso de oxígeno medicinal adicional, como se utilizó en el 2^{do} Experimento.

Por otra parte el amonio representa un peligro potencial al ser un factor limitante para el crecimiento y la supervivencia (Brownell, 1980; Person-Le Ruyet *et al.*, 1995). Durante el desarrollo del presente trabajo los valores máximos de amonio

total coincidieron con el periodo de alta mortalidad registrado entre los días 14 y 17 DDE para los cuatro tratamientos, no obstante el valor más elevado de amonio tóxico observado en el tratamiento *P. crassirostris* (0.029 mg/L) representó el 5.8% del amonio total dadas las condiciones de pH y temperatura. Estos valores no son considerados como letales para larvas de *Sparus aurata* (12 DDE) y *Solea senegalensis* (7 DDE) (Parra & Yúfera, 1999).

En ambos experimentos se logró sobrepasar exitosamente el primer período crítico en la crianza larvaria del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* correspondiente al inicio de la alimentación exógena, ya que la misma complejidad ha sido reportada para diferentes especies de Lutjánidos (Bonlipatanon, 1988; Emata *et al.*, 1994; Doi *et al.*, 1997a y b; Boza-Abarca, 2008).

La supervivencia obtenida para el día 15 DDE representan un avance en la crianza larvaria del huachinango, ya que por primera vez se reporta que las larvas alimentadas con nauplio del copépodo *P. crassirostris* y Mixto presentan supervivencia de 21.6 y 30.2%, respectivamente. Sin embargo, entre los días 14 y 17 DDE se presentó un evento de mortalidad en todos los tratamientos. Las larvas se encontraban en la etapa de flexión del notocordio. Emata *et al.*, (1994) atribuyen este evento de mortalidad a la flexión del notocordio y al alargamiento desproporcionado de las espinas dorsales y pélvicas. Esta etapa se caracteriza por el inicio de la metamorfosis de la larva, el cual es un período que implica cambios tanto morfológicos como fisiológicos (Watanabe *et al.*, 1998) en el cual las larvas manifiestan mayor sensibilidad a situaciones aún pendientes de aclarar, como pudiera ser mayor sensibilidad al amonio, a los cambios repentinos de luz que ocurren durante el encendido y apagado de las luces en el área de cultivo, aunque no se descartan posibles problemas de patogeneicidad inducidos dentro del tanque de cultivo, ya que coincidió con el momento en que el fondo es removido con un sifón, pretendiendo llevar a cabo su limpieza.

Este mismo período crítico en el desarrollo larvario concuerda plenamente con lo reportado para *Lutjanus argentimaculatus* (Bonlipatanon, 1988); *Lutjanus johnii* (Emata *et al.*, 1994), *Lutjanus guttatus* (Boza-Abarca, 2008) y *L. campechanus*

(Williams *et al.*,2004) quienes mencionan dos períodos críticos durante la crianza larvaria, ocurriendo el primero al inicio de la alimentación exógena y el segundo entre los días 15 y 35 DDE; este segundo período se ha reportado también en algunos Serránidos como: *Epinephelus suillus* (Duray *et al.*, 1997); *E. coioides* (Toledo *et al.*,1999).

En días posteriores (25-30 DDE) cuando suele presentarse disparidad de tallas de las larvas, se ha reportado la incidencia de canibalismo, lo que ha propiciado una mayor mortalidad en *Lutjanus analis* (Watanabe *et al.*, 1998), no obstante cabe aclarar que en este trabajo no se manifestó el canibalismo, ni acciones de persecución o agresividad entre las larvas de huachinango del Pacífico, debido a que las tallas eran relativamente homogéneas

Al final del 2^{do} experimento, la supervivencia obtenida para los tratamientos *P. crassirostris* y Mixto, fue de 1.1 y 0.8%, respectivamente. Aunque supervivencias registradas en este trabajo fueron bajas, parecieran ser parte de la complejidad del cultivo que comparten algunas especies de Lutjánidos y Serránidos las cuales han sido reportadas por diversos autores, como el pargo *Lutjanus argentimaculatus* (3% a 24 DDE) (Duray *et al.*, 1996), la cabrilla *Paralabrax maculatofasciatus* (11% a 30 DDE) (Álvarez-González, 1999), la cabrilla *Mycteroperca rosacea* (2% a 40 DDE) (Gracia-López *et al.*, 2005), el mero *Epinephelus marginatus* (1 a 8% a 33 DDE) (Cunha *et al.*, 2009 y Russo *et al.*, 2009), el mero *Epinephelus suillus* (7 a 16% a 24 DDE) (Duray *et al.*, 1997) y el mero *Epinephelus coioides* (3% a 36 DDE) (Toledo *et al.*, 1999).

La información generada en el desarrollo de este trabajo de investigación con larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* muestra, que al igual que en otras especies de Lutjánidos y Serránidos considerados de difícil crianza, el uso particularmente del nauplio del copépodo *P. crassirostris* al inicio de la alimentación asegura la ingesta de alimento favoreciendo su supervivencia. Este conocimiento habrá de contribuir el desarrollo del cultivo de la especie.

Las mejoras tecnológicas utilizadas en la reproducción, cultivo larvario y pre-engorda, respaldadas con investigaciones científicas, han permitido mejorar la

supervivencia como en el caso de la dorada *Sparus aurata*, de la cual ya se llevan a cabo cultivos comerciales a gran escala con 20 a 35% de supervivencia en la etapa larvaria entre los 45 y 60 días de edad (Ortega, 2008).

7. CONCLUSIONES

- Las larvas del huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*) registraron una eficiencia alimenticia significativamente mayor al suministrar nauplios del copépodo *Parvocalanus crassirostris*, corroborando tal preferencia por esta presa cuando fue suministrada en conjunto con otras en un tratamiento Mixto.
- EL mayor crecimiento logrado en las larvas de huachinango de Pacífico con el nauplio del copépodo *P. crassirostris* a los días 5 y 10 DDE pone en evidencia la superioridad de esta presa, reconocida hasta el momento como la idónea para este período.
- El nauplio del copépodo *P. crassirostris* ha permitido superar de manera exitosa la elevada mortalidad registrada durante el primer período crítico correspondiente el inicio de la alimentación exógena (3 a 6 DDE), como lo demuestra la supervivencia alcanzada al día 15 DDE (21 a 30%).

8. SUGERENCIAS

- La elevada supervivencia obtenida hasta antes del inicio de la flexión del notocordio (día 14 DDE) cuando se presenta un evento de alta mortalidad, obliga a enfocar esfuerzos futuros a evitar dichos sucesos que han limitado la obtención de juveniles a mayor escala.
- Sería recomendable llevar a cabo pruebas utilizando los rotíferos *Proales similis*, *Brachionus rotundiformis* y *Brachionus plicatilis* enriquecidos con dietas comerciales, ya que estas aumentan considerablemente su contenido de ácidos grasos.
- Corroborar la ingesta de los rotíferos en etapas posteriores del desarrollo de la larva de huachinango permitiría subsanar ciertas deficiencias en el abasto de nauplio de copépodos, los cuales tienen mayor grado de complejidad para lograr su cultivo en grandes cantidades.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Andersen, H. R., L. Wollenberger, B. Halling-Sorensen & K. O. Kusk. Development of copepod nauplii to copepodites-a parameter for chronic toxicity including endocrine disruption. *Environ. Toxicol.Chem.*, 20: 2821-2829.
- Ashton, N. & M. B. Rust. 2003. Effect of light intensity on feeding incidence and survival of preflexion larval black rockfish (*Sebastes melanops*). 27th Larval Fish Conference, August 20-23, Santa Cruz, California (libro de resúmenes).
- Álvarez-González, C. A. 1999. Optimización del proceso de producción de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoide: Serranidae) en sistema de circulación cerrada. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. 108p.
- Blaxter, J. H. S. 1986. Development of sense organs and behavior of teleost larvae with special reference to feeding and predator avoidance. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 115: 98-114.
- Blaxter, J. H. S. & M. Straines. 1970. Pure-cono retine and retinomotor response in larval teleost. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 50: 449-460.
- Bonlipatanon, P. 1988. Study of red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) spawning in captivity. En: Report of Thailand and Japan Joint Coastal Aquaculture Resarch Project, No.3. National Institute of Coastal Aquaculture, Thailand and Japan International Cooperation Agency, 36-43.
- Boza-Abarca, J., E. Calvo-Vargas, N. Solís-Ortíz & J. Komen. 2008. Desove inducido y crecimiento larval del pargo manchado, *Lutjanus guttatus*, en la estación de Biología Marina de Puntarenas, Costa Rica. *Cienc. Mar.*, 34: 239-252.
- Brownell, C.L., 1980. Water quality requirements for first-feeding in marine fish larvae. I. Ammonia, nitrite, and nitrate. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 44: 269–283.
- Cerqueira, R. & A. M. Brügger. 2001. Effect of light intensity on initial survival of fat snook (*Centropomus parallelus*, Pisces: Centropomidae) larvae. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 44: 343-349.

- Chen, B. N., J. G. Qin, M. S. Kumar, W. Hutchinson & S. Clarke. 2006. Ontogenetic development of the digestive system in yellowtail King fish *Seriola lalandi* larvae. *Aquaculture*, 256: 486-503.
- Civera-Cerecedo, R., C. A. Álvarez-González & F. J. Moyano-López. 2014. Nutrición y alimentación de larvas de peces marinos. En: Cruz-Suárez, L. E., D. Ricque-Marie, M. G. Nieto-López, D. Villareal, U. Scholz & M. González. *Avances en nutrición Acuícola VII. Memorias de VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 16-19 Noviembre, 2004. Sonora. México.
- Carton, G. A. 2005. The impact of light intensity and algal-induced turbidity on first-feeding *Seriola lalandi* larvae. *Aquacult. Res.*, 36: 1588-1594.
- Colt, J. 2006. Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering*. 34: 143-156.
- Cunha, I. & M. Planas. 1999. Optimal prey size for early turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) based on mouth and ingested prey size. *Aquaculture*, 175: 103-110.
- Cunha, M. E., H. Quental, A. Barradas, P. Pousao-Ferreira, E. Cabrita & S. Engrola. 2009. Rearing larvae of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), (Pisces: Serranidae) in a semi-intensive mesocosm. *Sci. Mar.*, 73: 201-212.
- Darriba, S., 1997. Efecto de la intensidad de luz en la alimentación de las larvas de rodaballo (*Scophthalmus maximus* L.) Tesis de Licenciatura, Universidad de Vigo, España. 73p.
- Díaz-Urbe, J. G., E. A. Chávez & J. F. Elorduy. 2004. Assessment of the Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) fishery of the Southern Gulf of California. *Cienc. Mar.*, 30: 561-574.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2012. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, México), 2 de diciembre de 2012.

- Doi, M., H. Khono, A. Ohno & Y. Taki. 1994. Development of mixed feed state larvae of red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Suisan zoshoku*, 42: 471-476.
- Doi, M., A. Ohno, H. Kohno, Y. Taki & T. Singhagraiwan. 1997. Development of feeding ability in red snapper *Lutjanus argentimaculatus*. *Fish. Sci.*, 63: 845-853.
- Doi, M., A. Ohno, T. Singhagraiwan & H. Kohno. 1997. Nauplii of calanoid copepod *Acartia sinjiensis* as an initial food organism for larval red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Suisan zoshoku*, 45: 31-40.
- Doving, K. B. & J. A. Knutsen. 1993. Chemokinesis in marine fish larvae. En: *Physiological and Biochemical Aspects of Fish Development*. (Ed. by B. T. Walther & H. J. Fhyn). 139-145p. Univ. Bergen, Noruega.
- Dumas, S., O. M. Rosales-Velásquez, M. Contreras-Olguín, D. E. Hernández-Ceballos & N. Silverberg, 2004. Gonadal maturation in captivity and hormone-induced spawning of the Pacific red snapper *Lutjanus peru*. *Aquaculture*, 234: 615-623.
- Duncan, N., Z. Ibarra-Zatarain, I. Adbo-de la Parra, G. Velasco, A. García-Ortega, R. Peña, P. Pintos, H. Skyol, M. Rosales, D. Hernández & S. Dumas. 2002. Larval culture of the Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) a preliminary study. VI Simposium Internacional De Nutrición Acuícola, 3-6 septiembre. Cancún, México.
- Duray, M., L. G. Alpasan & C. B. Estudillo. 1996. Improved hatchery rearing of mangrove snapper, *Lutjanus argentimaculatus*, in large tanks with small rotifer (*Brachionus plicatilis*) and artemia. *Isr. J. Aquacult.*, 48: 123-132.
- Duray, M., C. B. Estudillo & L. G. Alpasan. 1997. Larval rearing of the grouper *Epinephelus suillus* under laboratory conditions. *Aquaculture*, 150: 63-76.
- Emata, A. C., B. Eullaran & T. U. Bagarinao. 1994. Induced spawning and early life description of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Aquaculture*, 121: 381-387.
- FAO. 2016. Estado mundial de la pesca y acuicultura. Roma. 224p.

- Fyhn, H. J. 1989. First feeding of marine fish larvae: are free amino acids the source of energy?. *Aquaculture*, 80: 111-120.
- García, A. S., C. C. Parrish & J. A. Brown. 2008. A comparison among differently enriched rotifers (*Brachionus plicatilis*) and their effect on Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae early growth, survival and lipid composition. *Aquac. Nutr.*, 14: 14-30.
- Gracia-López, V., M. Kiewek-Martínez, M. Maldonado-García, P. Monsalvo-Spencer, G. Portillo-Clark, R. Civera-Cerecedo, M. Linares-Aranda, M. Robles-Mungaray & M. Mazón-Suástegui. 2005. Larvae and juvenile production of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877). *Aquacult. Res.*, 36: 110-112.
- Guillard, R. R. & J. H. Ryther. 1962. Studies of marine planktonic diatom: *Cyclotella* (Hustedt) and *Detonula Confervacea* (Cleve). *Can. J. Microbiol.*, 8: 229-239.
- Hagiwara, A., S. Wullur, H. S. Marcial, N. Hirai & Y. Sakakura. 2014. Euryhaline rotifer *Proales similis* as initial food rearing fish with small mouth. *Aquaculture*, 432: 470-474.
- Hamre, K., A. Srivastava, I. Ronnestad, A. Mangor-Jensen & J. Stoss. 2008. Several micronutrients in the rotifer *Brachionus* sp. may not fulfil the nutritional requirements of marine fish larvae. *Aquac. Nutr.*, 14: 51-60.
- Hernández-Alarcón, I. 2016. Efecto de la dieta en la composición de ácidos grasos del alimento utilizado en la crianza larvaria de peces marinos. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. 79p.
- Hjort, J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. *Rapp. P. v. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 20:1-228.
- Hunter, J. R. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. 34-77. En: Lasker, R. (Ed.). *Marine Fish Larvae. Morphology, Ecology and Relation to Fisheries*. Universidad de Washington Press, Seattle, USA.
- Miller, B. & A. W. Kendall. 2009. *Early Life History of Marine Fishes*. Berkeley: University of California Press. 376p.

- Leu, M., I. Chen & L. S. Fang. 2003. Natural spawning and rearing of mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*, larvae in captivity. *Isr. J. Aquacult.*, 55: 22-30.
- Leyton, Y., C. Sayes, C. Mejías, M. Abarca, R. Wilson & C. Riquelme. 2017. Aumento de la sobrevivencia de larvas de *Seriola lalandi* usando *Pseudoalteromonas sp.* como probióticos. *Rev. Biol. Mar. Oceanogra.*, 52: 95-101.
- Ma, Z. 2014. Food ingestion, prey selectivity, feeding incidence, and performance of yellowtail King fish *Seriola lalandi* larvae under constant and varying temperatures. *Aquacult. Int.*, 22: 1317-1330.
- Manterola, C. & V. Pineda. 2008. El valor de “p” y la “significación estadística”. Aspectos generales y su valor en la práctica clínica. *Rev. Chil. Cir.*, 60: 86-89.
- Moguel-Hernández, I. 2010. Caracterización bioquímica y fisiológica de embriones de larvas vitelinas del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*: implicaciones en la calidad de los desoves. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 94p.
- Moreno-Hernández, D. M. 1995. Catálogo de la familia Lutjanidae (Pisces: Perciformes) peces de importancia comercial en la región sur de la costa del estado de Jalisco, México. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. México. 111p.
- Munguia-Vega, A., S. Guido Marinone, D. A. Paz-García, A. Giron-Nava, T. Plomozo-Lugo, O. Gonzalez-Cuellar, A. Hudson Weaver, F. J. García-Rodríguez & H. Reyes-Bonilla. Anisotropic larval connectivity and metapopulation structure driven by directional oceanic currents in a marine fish targeted by small-scale fisheries. *Mar. Biol.*, 165: 1-16.
- Nanton, D. A. & J. D. Castell. 1998. The effects of dietary fatty acids on the fatty acid composition of the harpacticoid copepod, *Tisbe sp.*, for use as a live food for marine fish larvae. *Aquaculture*, 163: 251-261.
- Ortega, A. 2008. Cuadernos de Acuicultura: Cultivo de Dorada (*sparus aurata*). Observatorio Español de Acuicultura. Madrid. 45p.

- Pascual, E. & M. Yúfera. 1987. Alimentación en el cultivo larvario de peces marinos. En: Espinosa De Los Monteros, J. & U. Labarta. Alimentación en Acuicultura: 251-293.
- Pelcastre-Campo, V. 2006. Inducción a la ovulación y espermiogénesis en el huachinango del pacífico *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy 1922) y almacenamiento de su semen. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. 98p.
- Peña, R. 2005(a). Estudios de la función digestiva en la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*: Aspectos alimenticios y sus aplicaciones. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN. 141p.
- Peña, R., S. Dumas, I. Zavala-Leal & M. Contreras-Olguín. 2012. Effect of incubation temperature on the embryonic development and yolk-sac larvae of the Pacific red snapper *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922). *Aquacult. Res.*, 45: 519-227.
- Peña, R., S. Dumas, A. Trasviña, G. García & H. Pliego-Cortéz. 2005(b). The effects of rearing tank color and prey density on first feeding of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus*. *Aquacult. Res.*, 36: 1239-1242
- Person-Le Ruyet J., H. Chartois & L. Quemener. 1995. Comparative acute ammonia toxicity in marine fish and plasma ammonia response. *Aquaculture*. 136: 181-194.
- Prieto, M. & V. G. Atencio. 2008. Zooplankton en la larvicultura de peces neotropicales. *Rev. MVZ. Córdoba*, 13: 1415-1425
- Pousao-Ferreira, P., F. Cairrao, F. Nery & L. Narciso. 1997. The fatty acid profile of *Spurus uururu* larvae is correlated to the composition of the enrichment diets of *Brachionus plicatilis* and *Artemia sp.* *Cienc. Ma.*, 23: 83-92.
- Puello-Cruz, A., B. González-Rodríguez & A. García-Ortega. 2008. Investigación en producción y uso de copépodos en larvicultura marina. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 90-107p. Ensenada, México.
- Russo, T., C. Boglione, P. De Marzi & S. Cataudella. 2009. Feeding preferences of dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) larvae reared in semi-intensive conditions: A contribution addressing the domestication of this species. *Aquaculture*, 299: 289-296.

- Silva, A. & M. Oliva. 2010. Revisión sobre aspectos biológicos y de cultivos del lenguado chileno (*Paralichthys adspersus*). *Aquacult. Res.*, 38: 377-386.
- Singhagraiwan, T. & M. Doi. 1993. Induced spawning and larval rearing of the red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*, at the Eastern marine fisheries development center. *Thai Mar. Fish. Res. Bull.*, 4: 45–57.
- Spanopoulos-Zarco, M. A. 2017. Estimación de la pubertad en juveniles de *Lutjanus peru* nacidos en cautiverio y los efectos del manejo nutricional sobre la calidad de los desoves. Tesis de Doctorado. CIB-NOR. México. 77p.
- Taylor-Cota, R. 2015. Efecto de la temperatura sobre la eclosión del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 60p.
- Toledo, J. D., G. Salvación-Golez, M. Doi & A. Ohno. 1999. Use of copepod nauplii during early feeding stages of grouper *Epinephelus coioides*. *Fish. Sci.*, 65: 390-397.
- Tucker, J. W. 1998. *Marine fish culture*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, U.S.A. 750 pp.
- Van der Meeren, T., R. E. Olsen, K. Hamre & H. J. Fyhn. 2007. Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish. *Aquaculture*, 274: 375-397.
- Vázquez-Hurtado, M., I. Sánchez Brito & A. Ortega-Rubio. 2011. Maricultura en la Bahía de La Paz, B.C.S., México: impacto socioeconómico de los cultivos de atún y camarón. *Estud. Soc.*, 19: 175-193.
- Villamil-Díaz, L. M., S. M. Infante-Villamil, O. P. Lecompte-Pérez. 2012. Uso de microorganismos benéficos en el alimento vivo para controlar la aparición de enfermedades durante el cultivo de animales acuáticos. *MUTIS*. 2: 89-106.
- Watanabe, W. O., E. P. Ellis, S. C. Ellis, J. Chaves, C. Manfredi, R. W. Hagood, M. Sparsis & S. Arneson. 1998. Artificial propagation of mutton snapper *Lutjanus analis*, a new candidate marine fish species for aquaculture. *J. World. Aquac. Soc.*, 26: 176-187.

- Williams, K., N. Papanikos, R. P. Phelps & J. D. Shardo. 2004. Development, growth, and yolk utilization of hatchery-reared red snapper *Lutjanus campechanus* larvae. Mar. Ecol. Prog. Ser., 275: 231-230.
- Wootton, R. F. 1991. Ecology of Teleost Fishes. Fish and Fisheries. Series Y Chapman & Hall. London. 404p.
- Wullur, S., Y. Sakakura & A. Hagiwara. 2001. Application of the minute monogonont rotifer *Proales similis* de Beauchamp in larval rearing of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*. Aquaculture, 315: 355-360.
- Yasuda, F. 1960. The feeding mechanisms in some carnivorous fish. Rec. Oceanogr. Works Jpn., 5: 153-160.
- Yin, M. C. & J. H. Blaxter. 1987. Feeding ability and survival during starvation of marine fish larvae reared in the laboratory. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 105: 73-83.
- Zavala-Leal I., S. Dumas, R. Peña, M. Contreras-Olguín & D. Hernandez-Ceballos. 2013(a). Effects of culture conditions on feeding response of larval Pacific red snapper (*Lutjanus peru*, Nichols & Murphy) at first feeding. Aquacult. Res., 44: 1399-1406.
- Zavala-Leal, I., S. Dumas, E. O. López-Villegas, R. Peña, M. Contreras-Olguín, L. Flores-Montijo & J. De la Cruz-Agüero. 2013(b). Structural development of Pacific red snapper *Lutjanus peru* from hatching to the onset of first feeding. Aquacult. Res., 44: 1-13

10. ANEXOS

Tabla 1.- Supervivencia de larvas (%) de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* desde el día 15 hasta el día 30 DDE en los diferentes tratamientos. Experimento 2.

Edad (DDE)	<i>P. similis</i>	<i>P. euryhalinus</i>	<i>P. crassirostris</i>	Mixto
15	3.6 ± 1.4	1.9 ± 0.9	21.6 ± 6.6	30.2 ± 7.5
20	0	0.1 ± 0.1	4.9 ± 0.9	4.6 ± 2.1
25	0	0	2.7 ± 1.0	1.9 ± 1.0
30	0	0	1.1 ± 0.4	0.8 ± 0.4