



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



EFECTO DE LA TEMPERATURA,
INTENSIDAD DE LUZ, TIPO Y
DENSIDAD DE PRESA EN LA
EFICIENCIA ALIMENTICIA DURANTE LA
ONTOGENIA INICIAL DEL
HUACHINANGO DEL PACIFICO
(*Lutjanus peru*).

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

EN

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

OSCAR IRAM ZAVALA LEAL

LA PAZ, B.C.S., ENERO DE 2007.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 6 del mes de Febrero del 2007 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 de grado titulada:

"EFECTO DE LA TEMPERATURA, INTENSIDAD DE LUZ, TIPO Y DENSIDAD DE PRESA EN LA EFICIENCIA ALIMENTICIA DURANTE LA ONTOGENIA INICIAL DEL HUACHINANGO DEL PACÍFICO (*Lutjanus peru*)"

Presentada por el alumno:

ZAVALA

Apellido paterno

LEAL

materno

OSCAR

nombre(s)

Con registro:

A	0	5	0	1	1	4
---	---	---	---	---	---	---

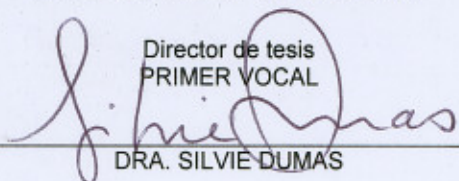
Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

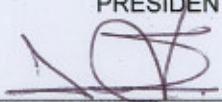
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

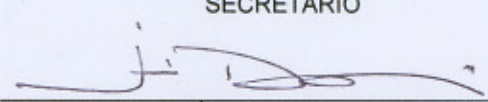
Director de tesis
PRIMER VOCAL


DRA. SILVIE DUMAS

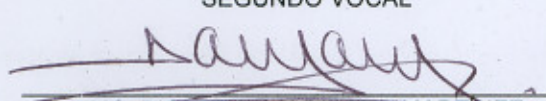
PRESIDENTE


DRA. LAURA SÁNCHEZ VELASCO

SECRETARIO


DR. JOSÉ DE LA CRUZ AGÜERO

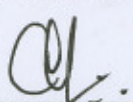
SEGUNDO VOCAL


MC. RICARDO SALDIERNA MARTÍNEZ

TERCER VOCAL

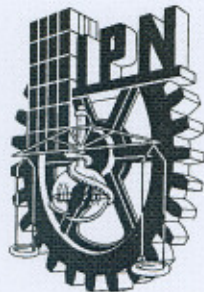

DR. RENATO PEÑA MARTÍNEZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 9 del mes Abril del año 2007, el (la) que suscribe OSCAR IRAM ZAVALA LEAL alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A050114 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 cede los derechos del trabajo titulado: "EFECTO DE LA TEMPERATURA, INTENSIDAD DE LUZ, TIPO Y DENSIDAD DE PRESA EN LA EFICIENCIA ALIMENTICIA DURANTE LA ONTOGENIA INICIAL DEL HUACHINANGO DEL PACÍFICO (*Lutjanus peru*)" 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. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ziram28@hotmail.com sdumas@ipn.mx

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


OSCAR IRAM ZAVALA LEAL

nombre y firma

RECONOCIMIENTO

El presente trabajo fue desarrollado gracias al apoyo otorgado al proyecto SAGARPA-CONACYT: "Cultivo del huachinango *Lutjanus peru*: inducción al desove y condiciones ambientales en la primera alimentación de las larvas" numero de registro: 2002 C01-378.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico de manera general a toda mi familia, que de una manera u otra siempre me han apoyado y alentado para seguir luchando y haciendo lo que he querido en mi vida.

A la memoria de dos seres muy queridos que me brindaron siempre una amistad incondicional y jamás me mostraron una cara triste, por lo contrario siempre tratando de animar a los demás sin importar su estado de ánimo, a mis tíos: Emilio y Armando Zavala López

A mis padres, hermanos y sobrinos que desde siempre han estado conmigo, que tantos consejos me dan y me alientan; siendo parte fundamental de mi forma de ser y pensar, por quienes puedo hacer lo que hago y hago todo lo que puedo. "ASNF"

A una persona muy especial en mi vida quien me apoya y acompaña en todas mis ideas e ideales, no importando las locuras que sean; desde que la conocí ha sido mi acompañante incondicional e incansable, su nombre, Nidia Arizbel Mora Castro, para ti y por ti mi amor.

AGRADECIMIENTOS

Al instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por su invaluable formación tanto profesional como personal recibida en sus aulas y por sus docentes.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa de Formación de Investigadores (PIFI) del Instituto Politécnico Nacional, por las becas otorgadas para el apoyo de mis estudios de postgrado.

Al comité revisor de mi tesis: Dra. Silvie Dumas; Dr. Renato Peña; Dra. Laura Sánchez; Dr. Ricardo Saldierna; Dr. José De la Cruz, por sus acertados comentarios y revisiones.

Al personal que labora en la Unidad Piloto de Maricultivos del CICIMAR, formando un excelente grupo de trabajo: Dra. Silvie Dumas, M. en C. Dora Esther Hernández, M. en C. Mauricio Contreras, Dr. Renato Peña, Biol. Laura Flores, M. en C. Vladimir Pelcastre por su apoyo durante el desarrollo de este trabajo, pero sobre todo por su amistad.

Al personal de apoyo técnico del CICIMAR: Martín Cuevas (El Conejo), Ciro Arista (El Carebu), Alfredo Miramontes (El Tigre), Manuel Zamarrón (El Borrego) y Efraín Flores (El Ministro) quienes son parte fundamental para el trabajo en campo siendo nuestras manos derechas.

A todos mis amigos y amigas que de alguna manera contribuyeron en el desarrollo de este trabajo, los cuales no los enlisto por que me llevaría mucho tiempo.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros del fútbol, cuya actividad fue parte primordial para eliminar el estrés, durante el curso del programa.

¡¡¡De antemano mil gracias a todos!!!

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
RELACIÓN DE FIGURAS.....	iii
RELACIÓN DE TABLAS.....	iv
GLOSARIO.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	7
III. JUSTIFICACIÓN.....	12
IV. OBJETIVOS.....	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos.....	13
V. HIPÓTESIS.....	13
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
Inducción.....	14
Efecto de la temperatura sobre el desarrollo embrionario y la alimentación endógena.....	14
Diseño experimental.....	14
Duración del desarrollo embrionario y porcentaje de eclosión.....	15
Variables morfométricas durante la alimentación endógena.....	15
Alimentación exógena.....	17
Tipo y densidad de presa.....	17
Intensidad de luz.....	18
Análisis estadísticos.....	19
VII. RESULTADOS.....	21
Efecto de la temperatura sobre la duración del desarrollo embrionario y el porcentaje de eclosión.....	21
Variables morfométricas durante la alimentación endógena.....	21
Alimentación exógena.....	26
Tipo y densidad de presa.....	26
Intensidad de luz.....	28
VIII. DISCUCIONES.....	29
Efecto de la temperatura sobre la duración del desarrollo embrionario y el porcentaje de eclosión.....	29

Variables morfométricas durante la alimentación endógena.....	30
Alimentación exógena.....	32
Tipo y densidad de presa.....	32
Intensidad de luz.....	34
IX. CONCLUSIONES.....	35
X. RECOMENDACIONES.....	36
XI. REFERENCIAS.....	37
ANEXO I.....	50

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la temperatura en el desarrollo embrionario y eficiencia de la alimentación endógena en larvas de *Lutjanus peru*, así como evaluar el efecto de la intensidad de luz, tipo y densidad de presas en la primera alimentación exógena. Para la alimentación endógena, los huevos se obtuvieron de un lote de reproductores mantenidos en cautiverio mediante inducción por HCG. Los huevos se incubaron a 26, 28 y 30° C en bolsas ziplock a baño maría. Se evaluaron el porcentaje de eclosión y el tiempo de eclosión (al 50 %). Posteriormente, se evaluaron la longitud total (LT), la altura del músculo (AM), el volumen de vitelo (VV) y glóbulo de aceite (VGA) al momento de la eclosión y después de 12, 24, 36 y 48 horas. El porcentaje de eclosión no fue significativamente diferente entre las temperaturas ($P>0.05$). Sin embargo, el tiempo de eclosión disminuyó con el aumento de la temperatura ($P<0.05$). Al momento de la eclosión, no se observaron diferencias significativas entre las temperaturas para ninguna variable. Sin embargo, después de 48 horas, las larvas mantenidas a 26° C presentaron una LT, VV y VGA mayores ($P<0.05$). En todas las temperaturas, el consumo de las reservas alimenticias fue más importante en las 12 primeras horas, coincidiendo con un importante incremento en la longitud total. En la alimentación exógena, para evaluar el tipo y densidad de presa se indujo al desove un lote de peces mantenidos en cautiverio empleando la hormona HCG. Se hicieron dos experimentos por separado. En el primero se emplearon dos tipos de presas (el neonato *Brachionus rotundiformis* y el nauplio *Euterpina acutifrons*) a tres diferentes densidades (0.1, 1 y 10 presas/ml), para el segundo solo se uso el nauplio de copépodo a diferentes densidades (0.1, 10 y 15 nauplios/ml). En ambos experimentos se evaluó la incidencia e intensidad alimenticia (eficiencia alimenticia). En el primer experimento encontramos que tanto la incidencia como la intensidad alimenticia se ven afectadas por el tipo de presa ya que no se consumió el neonato de rotífero. En cuanto a la densidad de presa se observó que la incidencia e intensidad alimenticia se incremento de manera significativa ($P<0.05$) con el aumento en la densidad de presas. En el segundo experimento, la incidencia e intensidad alimenticia fueron mayores a densidad de 10 y 15 nauplios/ml ($P<0.05$). Para evaluar el efecto de la intensidad de luz, se indujo al desove organismos silvestres empleando la misma hormona. Se probaron cuatro tratamientos (0, 500, 1000 y 2000 lux) y se evaluó la eficiencia alimenticia. Se observó que las larvas a 0 lux no se alimentaron. En las otras intensidades de luz, la incidencia alimenticia se incremento conforme se incrementó la intensidad de luz ($P<0.05$), aunque no se encontraron diferencias entre 500 y 1000 lux. La intensidad alimenticia no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos de 500, 1000 y 2000 lux. Se concluye que la mejor temperatura de incubación es 26° C, ya que permite producir larvas más grandes, y que la mejor presa para la primera alimentación es el nauplio de copépodo *E. acutifrons* a densidad de 10 nauplios/ml y una intensidad de luz de 2000 lux ya que con estas condiciones la eficiencia alimenticia fue mayor.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of temperature on embryonic development and the efficiency of the endogenous feeding in *Lutjanus peru*, and also the effect of light intensity, type of live food and its density at first feeding on the feeding efficiency. In endogenous feeding, eggs were obtained from broodstock maintained in captivity and spawn-induced with HCG. Fertilized eggs were incubated at 26, 28 and 30° C in Ziplock bags on a water bath. Hatching percent and hatching time (50 % hatches) were evaluated. Total length (LT), muscle depth (AM), yolk sac volume (VV) and oil globule volume (VGA) at hatching and after 12, 24, 36 & 48 hours were measured. No significant differences ($P>0.05$) were observed in hatching percent, however hatching time decreased with at highest temperatures ($P<0.05$). At hatching, no differences was observed ($P>0.05$) between temperatures for any variable. At 48 hours after, larvae reared at 26° C showed higher LT, VV and VGA ($P<0.05$). At all temperatures the consumption of yolk was more important in the 12 first hours, coinciding with the most importance increase in LT. Eggs were obtained as described. Type and density of prey were evaluated. We realized two experiments. In the first two food types (*B. rotundiformis* neonate and *E. acutifrons* nauplii), were tested at three prey densities (0.1, 1 and 10 prey/ml); in the second experiment only copepod nauplii were tested at 0.1, 10 and 15 nauplii/ml. In both experiments incidence (proportion of larvae with prey in the digestive tract) and intensity of feeding (number of prey ingested by larvae) were evaluated. The type of prey had a very strong effect on incidence and intensity since none of the larval fed with rotifers was seen with food in the digestive tract. However, incidence and feeding intensity increased with the prey density ($P<0.05$) being higher nauplii/ml. In the second experiment, the incidence and intensity feeding were significances higher ($P<0.05$) at 10 and 15 nauplii/ml. To evaluate the effect of the light intensity on feeding efficiency, spawn were obtained from wild broodstock induced with HCG. Four treatments (0, 500, 1000 and 2000 lux) were tested. Larvae under dark regime (0 lux) don't show any presence of food. In larvae under illumination regimen the feeding incidence increased with the light intensity ($P<0.05$), although no difference was observed between 500 and 1000 lux ($P>0.05$). Feeding intensity was not different ($P>0.05$) between the different light intensity. We concluded that the best incubation temperature was at 26° C, because at allows the production of bigger larvae at first feeding. At first feeding and in the conditions prevailing in this experiment, the best prey was *E. acutifrons* nauplio at a density of 10 nauplii/ml and a light intensity of 2000 lux.

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.- Morfometría de las larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	16
Figura 2.- Larva del huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> apta para iniciar la alimentación.....	18
Figura 3.- Larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> con y sin alimento en el tracto digestivo.....	19
Figura 4.- Variables morfométricas en larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> mantenidas a diferentes temperaturas.....	20
Figura 5.- Cambio en la longitud total, volumen de vitelo y glóbulo de aceite del huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> a través del tiempo.....	24
Figura 6.- Relación lineal entre volumen de vitelo y volumen del glóbulo de aceite con respecto a la longitud total en larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	25
Figura 7.- Experimento 1. Eficiencia alimenticia de larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> durante la primera alimentación a diferentes densidades de nauplios.....	27
Figura 8.- Experimento 2. Eficiencia alimenticia de larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> durante la primera alimentación a diferentes densidades de nauplios.....	27
Figura 9.- Eficiencia alimenticia de larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> durante la primera alimentación a diferentes intensidades de luz.....	28
Figura 10 (Anexo I).- Larvas de huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i> mantenidas a diferentes temperaturas.....	50

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.- Porcentaje de eclosión y duración del desarrollo embrionario del huachinango del Pacífico <i>Lutjanus peru</i>	21
Tabla 2.- Parámetros de la curva de Gompertz.....	24
Tabla 3.- Parámetros de la ecuación exponencial de las regresiones de volumen de vitelo (VV) y volumen del glóbulo de aceite (VGA).....	25

GLOSARIO

Absorción: Es la atracción y retención de alguna sustancia (Tucker, 1998).

Alimento endógeno: Alimento proveniente de la parte interna del mismo cuerpo (e.g., vitelo) (Tucker, 1998).

Alimento exógeno: Alimento de origen externo (e.g., alimento vivo) (Tucker, 1998).

Asimilación: Procesamiento del alimento en el cuerpo que incluye la digestión, absorción, distribución y metabolismo (Tucker, 1998).

Baño maría: Técnica que se utiliza cuando se quiere calentar una materia de forma indirecta y uniforme. A tal fin se coloca esta materia en un recipiente cualquiera, que a su vez se sumerge en el seno de una masa de agua contenida en otro recipiente mayor (De Jaime-Lorén, 2003).

Demersal: Organismo que vive cerca del fondo en un cuerpo de agua (Tucker, 1998).

Eficiencia alimenticia: Término que se emplea para evaluar la alimentación, implica la determinación de la incidencia e intensidad alimenticia (Yin & Blaxter, 1987)

Glóbulo de aceite: Lisosomas modificados que adquieren forma esférica y que se forman al fusionarse las vesículas de vitelo, muchas especies presenta uno o más glóbulo en o cerca de la masa vitelina. Sirve inicialmente como una estructura de flotación o equilibrio y que al consumirse es utilizado como recurso potencial de energía (Carrillo & Zanuy, 1993)

Huevo: En peces su desarrollo comprende dos fases del desarrollo embrionario; segmentación y embrión. Inicia desde que es fecundado el ovocito y termina en el momento de la eclosión (Balon, 1984).

Incidencia alimenticia: Proporción de larvas que presentan alimento en el tubo digestivo (Yin & Blaxter, 1987)

Intensidad alimenticia: Cantidad de presas presentes en el tubo digestivo de las larvas (Yin & Blaxter, 1987)

Nauplio: La forma larval más simple de los crustáceos, se presenta en algunos miembros de todas las clases incluidos copépodos y artemias (Tucker, 1998).

Neonato: Estadio de un organismo recién nacido (en este caso para rotíferos)

Ontogenia: comprende una serie de cambios morfofisiológicos que se dan durante el ciclo de vida de los animales (Balon, 1984).

Sincitio: Capa citoplásmica que separa al embrión del vitelo y regula la transferencia de todos los nutrientes para el desarrollo del embrión (Wadeson & Crawford, 2003).

Vitelo: Sustancia nutritiva del embrión al iniciarse el desarrollo, que se encuentra acumulado en la célula sexual femenina; sus componentes principales son: proteínas, fosfolípidos y en menor grado grasas neutras (Balinsky, 1978).

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cultivo de peces marinos ha adquirido una gran relevancia, en gran parte, por la necesidad que existe de producir cantidades de proteínas de origen marino suficientes que satisfagan la demanda de la población humana, además de ser una buena fuente generadora de divisas y una forma o vía de protección contra la sobreexplotación de las poblaciones silvestres. En varios países se ha tenido éxito con ciertas especies, como el sabalote (*Chanos chanos*) y barramundi (*Lates calcarifer*) en el sur este de Asia; el besugo (*Pagrus major*) en Japón; la lubina (*Dicentrarchus labrax*) y la dorada (*Sparus aurata*) en el Mediterráneo; y con la corvina roja (*Sciaenops ocellatus*) en Estados Unidos (Tucker, 1998). Desafortunadamente, se sigue practicando el cultivo o engorda en jaulas flotantes empleando juveniles silvestres ya que no todos los aspectos de la tecnología han sido cubiertos como en las especies dulceacuícolas, debido a las dificultades que se presentan dentro del cultivo de peces marinos (Tucker, 1998). La etapa del cultivo que presenta mayor problema para muchas especies en la actualidad es el cultivo larval.

El cultivo de larvas de peces marinos ha recibido gran atención, debido a las dificultades que se presentan en esta etapa. Un exitoso cultivo larval se reflejaría en el abasto constante de semilla permitiendo así, el incremento en la producción a diferentes escalas. Sin embargo, uno de los principales problemas que se presentan es la alta mortalidad. Así por ejemplo, en *Centropomus parallelus* se ha reportado un 60% de mortalidad (Cerqueira & Brügger, 2001), 85-90 % en el pangasio *Pangasius hypophthalmus* (Subagja *et al.*, 1999); 89% en la cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus* (Álvarez-González, 1999), y 98.5 % en la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Gracia-López *et al.*, 2005). Varios son los factores que están involucrados en la mortalidad como la calidad del agua, enfermedades y la alimentación. No es fácil cubrir los requerimientos nutricionales de las larvas de peces marinos ya que para la mayoría de las especies se desconocen, además, no se le puede ofrecer dietas inertes como primer alimento. La alimentación en los primeros días de cultivo consiste generalmente en proporcionar alimento vivo (Peña, 2005). Las especies más empleadas en la larvicultura marina son el rotífero *Brachionus plicatilis* y el braquiópodo *Artemia*

sp. (Planas & Cuhna, 1999). Estas especies son ampliamente utilizadas a nivel mundial por su facilidad de producirlas en grandes volúmenes, su comportamiento en la columna de agua y sus lentos movimientos (Treece & Davis, 2000). Además, el uso de estos alimentos vivos ha permitido lograr resultados satisfactorios con varias especies. No obstante, en algunas especies, larvas no pueden consumir dicho alimento cuando son ofrecidos en el cultivo. Debido a esto, se han empleado otras especies alternativas como los copépodos en sus diferentes etapas de desarrollo, los cuales son parte de la dieta natural de las larvas (Sánchez-Velasco, 1998). Los copépodos presentan varias ventajas: en su fase nauplio, presentan un menor tamaño que el rotífero y una composición bioquímica más cercana a las necesidades de las larvas, especialmente en el caso de los ácidos grasos (Shields *et al.*, 1999; Treece & Davis, 2000). Sin embargo, la principal dificultad con este alimento reside en obtener altas densidades bajo condiciones de cultivo. Las principales especies empleadas son de los géneros: *Acartia*, *Calanus*, *Euterpina*, *Tigriopus* y *Tisbe* (Peña, 2005).

Con frecuencia en la crianza larval también se agregan microalgas al cultivo (conocida como “técnica de agua verde”), siendo las más empleadas *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galvana*, *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, *Tetraselmis suecica* y *Chlorella sp.* (Tuker, 1998). Al uso de la técnica de agua verde se le atribuyen propiedades como: incrementar la tasa de supervivencia y crecimiento de las larvas (Naas *et al.*, 1992; Bengston *et al.*, 1999), mejorar las funciones digestivas (Cahu *et al.*, 1998; Lazo *et al.*, 2000) y mantener el valor nutricional de la presa (Silva, 1999). Además, se ha mencionado que mejora el contraste entre la presa y el tanque de cultivo, ayudando a la larva a ser más eficiente en la depredación (Cobcroft *et al.*, 2001).

No obstante para lograr un buen cultivo larval deben complementarse aspectos importantes como la alimentación endógena y la alimentación exógena. La alimentación endógena se considera desde la eclosión del huevo, el cual puede ser considerado como un sistema semicerrado. Una vez que las membranas se endurecen, el huevo es relativamente impermeable a muchos solutos, aunque todavía ocurre un intercambio gaseoso (Heming & Buddington, 1988). Como consecuencia, la mayoría de los embriones de peces dependen de

las reservas endógenas para obtener la energía destinada al desarrollo y crecimiento (Heming & Buddington, 1988). La fuente endógena de alimentación esta constituida por el saco de vitelo y el (los) glóbulo(s) de aceite. Estas reservas presentan una composición especie-específica, la cual también varia en función de la edad, el peso y la alimentación de la madre (Kamler, 1976). Existe una fuerte presión selectiva para maximizar la eficiencia con la cual el vitelo es convertido en tejido (Heming & Buddintong, 1988) ya que tanto la tasa de absorción como la eficiencia de utilización del vitelo son determinantes en el desarrollo inicial, crecimiento y supervivencia. Entre más eficiente, más grande será la larva, lo cual puede reflejarse en mejores características para el cultivo: mayor resistencia a la inanición, captura más temprana de presas y un incremento en la eficiencia de la captura de las mismas (Heming & Buddington, 1988). En este contexto, aunque la tasa y la eficiencia de absorción de vitelo son influenciadas por un gran número de factores, la temperatura es considerada como uno de los más importantes (Laurence & Rogers, 1976; Heming & Buddington, 1988). Sin embargo, la tasa y eficiencia de absorción pueden también estar influenciadas por el cambio en el contenido del vitelo.

La alimentación exógena es aquella en la cual la larva se alimenta sobre presas. El periodo de transición de una alimentación endógena a exógena es considerado como un momento crítico donde se reportan altas tasas de mortalidad. En esta etapa, las larvas son pequeñas y para lograr alimentarse de manera exitosa, deben presentar un cierto grado de desarrollo de las estructuras bucales, digestivas y del sistema visual para poder detectar, capturar, ingerir y digerir la presa (Ibrahim *et al.*, 2006). Un desarrollo adecuado podría reflejarse en una alta eficiencia alimenticia. El término de eficiencia alimenticia se refiere a qué tanto alimento es aprovechado por las larvas, es decir, la captura de alimento, cantidad de alimento ingerido, tiempo de residencia del alimento en el tracto digestivo, porcentaje de asimilación, etc. (Peña, 2005). En el presente trabajo, el término de eficiencia alimenticia se referirá únicamente a la presencia de alimento en el tubo digestivo, aludiendo a dos parámetros, 1) la incidencia alimenticia, definida como el porcentaje de larvas con alimento en el tubo digestivo; y 2) la intensidad alimenticia, la cual se refiere al número de presas dentro del tubo digestivo de las larvas.

La eficiencia alimenticia es afectada por factores bióticos y abióticos que pueden influir en la capacidad de depredación de las larvas y por ende, en la supervivencia. Dentro de los bióticos, se ha observado que diferentes características de las presas juegan un papel importante, como lo son, la densidad de presa y su distribución (Guldbrandsen, 1991), el tamaño (Ware, 1973; Seiffert *et al.*, 2001), la movilidad y el color (Utne-Palm, 1999). Otros factores bióticos que intervienen en la detección y consumo de presas son el tamaño del depredador (Bermudes & Ritar, 1999), así como el tamaño de su boca (Blaxter & Straines, 1970), el grado de desarrollo del sistema visual (Helvik & Karlsen, 1996; Planas & Cunha, 1999) y del tubo digestivo (Dabrowski, 1984).

Dentro de los factores abióticos, los que más se han reportado son la luz y el color del tanque. La luz es considerada como un factor primordial en la eficiencia alimenticia, debido a que la mayoría de las larvas de peces marinos son clasificadas como depredadoras visuales (Hunter, 1981; Guthrie, 1986). Se ha demostrado el efecto de la intensidad de luz sobre la incidencia e intensidad alimenticia, siendo además, los resultados muy diferentes de acuerdo a las especies estudiadas (Huse, 1994; Peña *et al.*, 2005) y en ocasiones, hasta entre poblaciones de una misma especie (Puvanendran & Brown, 1998). Estos autores sugieren que las altas intensidades de luz, incrementan el contraste entre la presa y el fondo del tanque, aumentan la duración de la natación, la tasa de encuentro con la presa y la tasa de alimentación. Respecto al color del tanque se ha observado que el color negro es el más exitoso en algunas especies (Nass *et al.*, 1996; Peña *et al.*, 2005).

Referente a la especie, el huachinango *Lutjanus peru* (Teleosti: Lutjanidae) es una especie demersal que constituye un componente importante de la pesca artesanal de la región debido a sus volúmenes de captura, así como por su valor económico (Díaz-Uribe, 1994). Sin embargo, la evaluación de este recurso indica que el esfuerzo pesquero recae principalmente sobre organismos que no han logrado reclutarse a los “stocks” reproductivos, es decir, no han alcanzado la edad de la primera madurez, por lo que esta presión de pesca puede llevar al recurso a condiciones críticas (Díaz-Uribe *et al.*, 2004).

Una estrategia alternativa para la producción del huachinango es su cultivo. El desarrollo del cultivo de nuevas especies requiere la obtención de semillas en gran cantidad para su posterior engorda en jaulas. Diferentes métodos se pueden emplear para cubrir este requisito, tales como: se pueden extraer juveniles del medio ambiente o inducir el desove de organismos reproductores silvestres y producir juveniles en el laboratorio. Sin embargo, estos métodos no aseguran un abastecimiento constante, además, el uso de estas metodologías tiene algunas desventajas, ya que se requiere un permiso de extracción que eventualmente puede ser negado por problemas de disminución del recurso, alteración del hábitat o cualquier efecto ecológico adverso. A largo plazo, un cultivo de ciclo cerrado, es decir, la obtención de semillas de reproductores obtenidos del mismo cultivo y llevados a maduración sexual en cautiverio representa el mejor método, ya que asegura un aporte constante de juveniles, además de ofrecer la posibilidad de implementar programas de mejoramiento genético. No obstante, son muy pocas las especies de peces marinos que se mantienen en cultivo de ciclo cerrado en todo el mundo, esto debido principalmente, a que para muchas especies aún no se identifican las condiciones favorables que permiten la maduración gonadal en cautiverio y la producción de juveniles mediante un cultivo larvario exitoso en término de sobrevivencia y crecimiento (Tucker, 1998).

El huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*, es una especie de la cual aún son pocos los estudios en cuanto a su cultivo. Sin embargo, se cuenta con avances importantes en reproducción (Dumas *et al*, 2004; Pelcastre, 2006), además, existe un estudio preliminar sobre su cultivo larval, en el cual se reporta muy baja producción de juveniles (Duncan *et al.*, 2002). Pese a los avances que se tienen sobre esta especie, aún no ha sido posible lograr un cultivo larvario exitoso, principalmente por la mortalidad por inanición (Dumas *et al.*, datos no publicados).

Dentro de este contexto, está implícita la necesidad de establecer el efecto de diferentes parámetros de cultivo sobre la eficiencia alimenticia durante la primera alimentación, con la finalidad de favorecer la ingestión del alimento y reducir así el riesgo de inanición. Así como también establecer el efecto que tiene la temperatura sobre la eficiencia de la alimentación endógena, con la finalidad de optimizar las condiciones de incubación de los huevos y larvas con vitelo, de tal

manera que se pueda favorecer un mayor desarrollo, y con ello producir depredadores más eficientes durante la transición a la alimentación exógena.

De manera general, los estudios relacionados con el efecto de los factores bióticos y abióticos han permitido mejorar la eficiencia alimenticia, así como la sobrevivencia en especies cultivadas, logrando con ello un desarrollo exitoso del cultivo de peces marinos en varios países europeos. Por ello, este trabajo, se propone estudiar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo en la incubación de huevos y larvas, así como el efecto de la intensidad de luz, tipo y densidad de presa, sobre la eficiencia alimenticia en la primera alimentación en larvas de *L. peru*.

II. ANTECEDENTES

La piscicultura marina es una actividad relativamente nueva, cuyo auge data de la década de los 60's, cuando se desarrollaron las técnicas para la producción de huevos, larvas y juveniles de *Pagrus major* en Japón (Ikenoue & Kafuku, 1992). A la fecha, a pesar de muchos avances en aspectos como la reproducción, nutrición y cultivo larvario, el cultivo de peces marinos en ciclo cerrado se realiza con la producción de alrededor de 3 especies (lubina, *Dicentrarchus labrax*; dorada, *Sparus aurata* y bacalao, *Gadus morhua*) (García-García *et al.*, 2002; Blanco, *et al.*, 2004; Álvarez-Lajonchère, 2005) en un ámbito internacional.

En México, el desarrollo de la piscicultura marina se inició a finales de los años 80's, cuando se realizaron los estudios para la engorda del pámpano (*Trachinotus paitiensis*) en jaulas flotantes por el departamento de Acuacultura de la Delegación Federal de Pesca en Baja California Sur (Avilés-Quevedo, 2005). Posteriormente, el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) desarrolló investigaciones sobre la potencialidad de algunas especies para su cultivo y propuso 8 especies como candidatas. Los criterios se basaron principalmente en la velocidad de crecimiento durante los 2 primeros meses después de la eclosión, la sobrevivencia, la conducta (canibalismo, hábitos gregarios), la resistencia a la manipulación, entre otros (Matus-Nivón *et al.*, 1990). Dentro de estas especies sobresalían *Cynoscion parvipinnis*, *Gerres cinereus* y *Paralabrax maculatofasciatus*. Esta última fue la que recibió mayor atención realizándose diversos estudios encaminados a desarrollar una biotecnología para su cultivo (Grayeb-Del Álamo, 2001; Pliego & Alcanzar, 2002; Carrasco-Chávez, 2004; Álvarez-González, 1999; 2003; Peña, 2005). A pesar de ello, se siguió trabajando sobre la identificación de otras especies con buen potencial para su cultivo. El huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* presenta varias características que le ubican en una especie con buen potencial. Presenta una carne de excelente calidad, un alto precio en los mercados y es una de las especies marinas comerciales más importantes de México (Avilés-Quevedo *et al.*, 1996; Anónimo, 2002). Además, se reporta que se adapta fácilmente a las condiciones

de cultivo en jaulas flotantes y presenta una buena tasa de crecimiento (longitud 1.49 cm/mes y peso 84 g/mes) (Avilés-Quevedo *et al.*, 1996). En la Unidad Piloto de Maricultivos (UPIMA) del CICIMAR-IPN se cuenta con ciertos avances en el cultivo de *Lutjanus peru*, donde se ha logrado controlar la reproducción en cautiverio y obtener gametos de calidad por varios años consecutivos (Pintos-Terán *et al.*, 2003; Dumas *et al.*, 2004). Por otra parte, en colaboración con el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) unidad Mazatlán, se ha logrado completar su desarrollo hasta juvenil a escala experimental (Duncan *et al.*, 2002).

No obstante, el cultivo de larvas de peces marinos, como se ha mencionado con anterioridad, es la fase que presenta mayor complejidad de desarrollar de manera exitosa, debido a las altas tasas de mortalidad que se presentan. Estas mortalidades han sido relacionadas con varios factores tales como los factores fisicoquímicos del agua, la presencia de patógenos, la calidad del desove, la calidad del alimento. Todos estos factores deben ser controlados para asegurar el éxito del cultivo larvario. En el caso particular del huachinango, se ha observado altas mortalidades en la primera semana de crianza larvaria. Es cierto que los factores antes mencionados pueden haber estado involucrados en previos experimentos que se han desarrollado con el huachinango, sin embargo, las mortalidades que se presentaron en varios experimentos de cultivo larval alrededor de los días 7-8, así como el hecho que no se presentaron diferencias significativas entre larvas en un tratamiento de inanición y las larvas alimentadas (Datos no publicados) permiten identificar que la alimentación y más específicamente la eficiencia alimenticia desde el comienzo de la alimentación exógena no ha sido adecuada.

La eficiencia alimenticia de las larvas en la primera alimentación es sujeta a varios factores ambientales. No obstante, aún cuando se tiene el conocimiento de algunos de los factores ambientales que influyen sobre la primera alimentación en algunas especies, es necesario investigar para cada especie ya que está muy claro que el efecto de los factores ambientales es diferente de una especie a otra (Chatain & Ounais-Guschemann, 1991; Kohno, 1998).

Se ha demostrado, por un lado, que la temperatura de incubación determina la duración del desarrollo embrionario y éxito de la eclosión de las larvas en término de porcentaje de eclosión y presencia de larvas con anormalidades (Polo *et al.*, 1991; Morehead & Hart, 2003; Gracia-López *et al.* 2004; Radonic *et al.*, 2005; Sund & Falk-Petersen, 2005). Por otro lado, diversos estudios han mostrado que la temperatura de incubación influye sobre la talla de la larva al momento de la eclosión pero los resultados pueden ir en un sentido como en otro, es decir producción de larvas mas grandes a temperaturas altas o a temperaturas bajas (Pittman, *et al.*, 1989; Blaxter, 1992; Bermudes & Ritar, 1999; Gracia-López *et al.* 2004). Por ejemplo, en la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Gracia-López *et al.*, 2004), en el pez lobo *Anarhichas minor* (Sund & Falk-Petersen, 2005) las larvas presentan una mayor longitud a temperatura baja, mientras que otras como la platija japonesa *Hippoglossoides elassondon* (Alderdice & Forrester, 1974) la longitud es mayor a temperaturas altas.

De igual manera, se ha observado que la tasa de absorción del vitelo es afectada por la temperatura. Algunos autores han reportado que la tasa de absorción del vitelo es mayor a temperaturas altas (Fukuhara, 1990; Arul, 1991; Polo, *et al.*, 1991). Morehead & Hart (2003) observaron que aun cuando la talla de las larvas es diferente en un rango de temperatura, el volumen de vitelo no presenta diferencias, lo cual sugiere que existe una temperatura en la cual la utilización del vitelo es mas eficiente.

Otros factores como la intensidad de luz, el tipo de presa así como su densidad, han influenciado la alimentación de larvas de peces. Debido a que las larvas de peces son depredadoras visuales (Hunter, 1981; Guthrie, 1986), diversos trabajos se han encaminado a estudiar el efecto de la intensidad de la luz sobre el éxito en la alimentación, demostrando que esta influye de manera directa en la detección de las presas (Vinyard & O'Brien, 1976; Paul, 1983; Utne-Palm, 1997; Downing & Litvak, 1999; Cook & Rust, 2002). De manera particular, Huse (1994) evaluó la intensidad de luz en la primera alimentación de diferentes especies. Los valores de intensidad de luz en los cuales la eficiencia alimenticia fue mejor fueron muy diferentes entre especies: bacalao, *Gadus morhua* (1 lux), lenguado, *Pleuronectes platessa* (87 lux) y rodaballo *Scophthalmus maximus* (860 lux). Además, estos valores se relacionan con su distribución vertical dentro

de la columna de agua. Recientemente, Peña *et al.* (2004) estudiaron el efecto de la intensidad de luz (100, 400 y 700 lux) en la primera alimentación en larvas de cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*). Reportaron que el número de larvas con alimento en el tracto digestivo aumento conforme a la intensidad de luz.

En cuanto al tipo de presa, en la larvicultura se han venido empleando con mayor frecuencia para la alimentación temprana, dos grupos del zooplancton, uno que es el braquiópodo *Artemia sp.* y el otro los rotíferos como *Brachionus plicatilis* y *B. rotundiformis* (Gulbrandsen, 1991; Polo *et al.*, 1992; Fernández-Díaz *et al.*, 1994; Planas & Cunha, 1999; Khemis *et al.*, 2003; Alves *et al.*, 2006). Recientemente, se ha empleado un grupo de crustáceos planctónicos, los copépodos, en sus diferentes estadios de desarrollo, debido a que en el medio natural es uno de los principales grupos, y presas naturales de larvas de peces marinos (Sánchez-Velasco, 1998; Kloppmann *et al.*, 2002). No obstante, la talla o tamaño del alimento (presa) ha sido considerado como uno de los principales factores limitantes para el éxito en la primera alimentación (Hunter, 1981; Pascual & Yúfera, 1987), de ahí la importancia de encontrar una presa adecuada de la cual puedan alimentarse de manera eficiente las larvas de huachinango. En el pasado, se desarrolló un proyecto en colaboración con el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) unidad Mazatlán, en el cual se ha logrado completar el desarrollo a juvenil a escala experimental ofreciendo como presa en la primera alimentación el rotífero *B. plicatilis*, sin embargo, la supervivencia fue muy baja (Duncan *et al.*, 2002). Recientemente, se ha enfocado el esfuerzo en resolver esa problemática, para lo cual se desarrollaron una serie de experimentos ofreciendo como presa inicial los rotíferos *B. plicatilis* y *B. rotundiformis* por separado, sin embargo, aun cuando este ultimo es de menor tamaño, la supervivencia siguió siendo muy baja (datos no publicados).

Por otra parte, se ha reportado que una alta densidad de presa reduce el tiempo de búsqueda de esta, lo cual incrementa la tasa de encuentro entre depredador-presa (Hart, 1997). Peña *et al.* (2005) estudiaron el efecto de la densidad de presa (5, 10 y 15 rotíferos/ml) en la primera alimentación en larvas de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*. Obteniendo que a mayor densidad

de presa, mayor fue el número de larvas que ingieren el alimento. Sin embargo, no sucedió lo mismo con el abadejo de Alaska *Theragra chalcogramma* en la cual la proporción de larvas que se alimentaron no fue diferente entre el rango de 8 a 50 presas/ml (Paul, 1983). Sin embargo en ninguno de estos estudios se estimó el aprovechamiento ya que algunos autores mencionan que la densidad de presa también afecta el tiempo de evacuación del tracto digestivo (Werner & Blaxter, 1981; Tilseth & Ellertsen, 1984). Canino & Bailey (1995) sugieren que con una baja densidad de alimento, se extiende el tiempo de residencia de este en el intestino, lo cual podría ser benéfico resultando en una mejor asimilación de la presa.

III. JUSTIFICACION

El huachinango del Pacífico es una de las principales especies de importancia económica en México de las cuales se ha reportado que en los últimos años ha sufrido una disminución en cuanto a volumen de captura (Anónimo, 2002). La principal causa de esta disminución es la aparente sobreexplotación pesquera de este recurso, el cual incide sobre juveniles que no han alcanzado la primera madurez sexual. Una manera de disminuir este problema es el cultivo de esta especie a nivel comercial. El Instituto de Pesca en conjunto con el CIAD-Mazatlán y el CICIMAR-IPN han promovido proyectos de instalación de jaulas en diferentes estados del país, los cuales en su primera etapa, contaron con juveniles silvestres para el inicio de la engorda. Estos cultivos pilotos han sido exitosos y han generado buenas expectativas. No obstante, el abastecimiento de juveniles sigue siendo un problema que frena el desarrollo de esta actividad, por lo cual es muy importante en un futuro cercano, poder resolver la problemática del cultivo larvario para poder así incrementar el número de juveniles producidos.

Al igual que en muchas especies de peces marinos, el principal impedimento al desarrollo de la tecnología de cultivo de huachinango ha sido las altas mortalidades que se observan en los primeros días de cultivo. En las instalaciones de la Unidad Piloto de Maricultivos (UPIMA) del CICIMAR-IPN, se han realizado cultivos de larvas utilizando como alimento vivo los rotíferos *B. plicatilis* y *B. rotundiformis*, los cuales son fáciles de cultivar en el laboratorio. Aún así, el uso del rotífero de pequeño tamaño como *B. rotundiformis*, ha resultado en una baja supervivencia (Dumas, *et al.*, datos no publicados). Son numerosas las causas que pueden estar involucradas, sin embargo, a la luz de las observaciones que se hicieron en el transcurso de varias corridas larvarias, ha sido claro el hecho que las larvas no han tenido éxito en la primera alimentación ya que se encontraban en estado de inanición. De estas observaciones surgió la necesidad de enfocar esta investigación en incrementar la eficiencia alimenticia de las larvas en la primera alimentación.

IV. OBJETIVOS

General:

- Determinar las condiciones ambientales que permitan aumentar la eficiencia alimenticia durante la ontogenia inicial en larvas de huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*).

Específicos:

- Evaluar y comparar el efecto de la temperatura durante la incubación de huevos y el periodo de alimentación endógena sobre la duración del desarrollo embrionario, el porcentaje de eclosión, la talla de la larva y el volumen de vitelo.
- Evaluar el efecto del tipo y la densidad de presa sobre la eficiencia alimenticia en la primera alimentación de larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.
- Evaluar el efecto de la intensidad de luz sobre la eficiencia alimenticia en la primera alimentación de larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*.

V. HIPÓTESIS

La eficiencia alimenticia durante la ontogenia inicial de las larvas de huachinango en cultivo esta influenciada por factores ambientales.

1.- Dentro del rango probado en este experimento, existe una temperatura de incubación que permitirá producir larvas más grandes y presentando un remanente de vitelo al momento de la primera alimentación.

2.- La eficiencia alimenticia en la primera alimentación de larvas de huachinango será mayor al proporcionar una presa pequeña como los nauplios de *Euterpina acutifrons*, a mayores densidades.

3.- Dentro del rango de intensidad de luz probada, existe una intensidad que permitirá aumentar la eficiencia alimenticia en la primera alimentación de las larvas de huachinango.

VI. MATERIAL Y METODOS

INDUCCIÓN

Se indujo un desove mediante la aplicación de la hormona gonadotropina coriónica humana (HCG), en un lote de reproductores mantenidos en cautiverio bajo un determinado régimen fototérmico recomendado por Dumas *et al*, (2004). La fecundación de los huevos se realizó en seco en un recipiente de plástico. Después de 10 minutos, se enjuagaron los huevos con agua de mar filtrada (0.1 μ m) y se depositaron en una tolva de 100L a $25 \pm 0.5^\circ$ C y con circulación continua de agua filtrada (0.1 μ m).

Efecto de la temperatura sobre el desarrollo embrionario y la alimentación endógena.

Diseño experimental.

Los huevos incubados previamente en tolvas, como ya se ha descrito, se sembraron 2 horas después de la fecundación en bolsas “Ziplock©” de 4 litros, previamente llenadas con 2 litros de agua de mar tratada (filtro mecánico de 0.1 μ m, luz ultravioleta, clorada y tiosulfatada). Se utilizaron 18 bolsas por temperatura. Estas bolsas se inflaron ligeramente y se cerraron herméticamente. Se depositaron en “baño maría” en tanques de 600L donde la temperatura estuvo controlada por termostatos. Se sembró alrededor de 200 huevos por bolsa. Las temperaturas empleadas fueron 26, 28 y 30° C ($\pm 0.5^\circ$ C). Al momento de sembrar, la temperatura era de 26° C en todos los tratamientos. Se incrementó gradualmente (aprox. 2 horas), hasta llegar a la temperatura requerida. Se sembraron bolsas extras (3 por temperatura) para evaluar el 50% de eclosión. Las bolsas se revisaron constantemente hasta observar el 50% y 100% de eclosión. Tanto al 50 como al 100% se muestrearon 3 bolsas por temperatura. Doce horas después y luego cada 12 horas hasta las 48, se muestreo el contenido de 3 bolsas por temperatura (replicas). El contenido de las bolsas se filtro y se resuspendió en 50 ml al cual se agregó 2-fenoxietanol (1 %) para después fijarse en formol 4 % hasta su posterior evaluación.

Duración del desarrollo embrionario y porcentaje de eclosión

Se evaluó el tiempo transcurrido entre la fecundación y el momento en el cual 50 % de larvas eclosionaron (duración del desarrollo embrionario). Se evaluó el porcentaje de eclosión por triplicado en todas las temperaturas (contando por cada bolsa el número de larvas eclosionadas y el número de huevos no eclosionados) el cual se estimó con la siguiente fórmula:

$$Y = X * 100 / Z$$

En donde:

Y = % eclosión

X = Número de huevos eclosionados

Z = Número total de huevos sembrados

Variables morfométricas durante la alimentación endógena

Posteriormente, con la ayuda de una lupa estereoscópica (Olympus SZ40) acoplada a una cámara digital integrada (Hitachi KP-D50), se tomaron fotos de aproximadamente 20 de las larvas (anexo I) para después llevar a cabo las siguientes mediciones con un software Image Pro-Plus (Media Cybernetics, L.P. 4.0) para cada larva en cada muestreo: longitud total de la larva (LT), altura del músculo (AM), así como longitud (LSV), altura máxima (h_{max}) y mínima (h_{min}) del vitelo, y diámetro del glóbulo de aceite (Fig. 1).

Se estimó el volumen del saco de vitelo (VV) empleando la siguiente fórmula para calcular el volumen de una masa cónica o periforme (Heming & Buddington, 1988):

$$VV = 0.0833 \pi LSV (h_{min}^2 + h_{max}^2 + (h_{min} * h_{max}))$$

VV = Volumen del saco de vitelo

LSV = Longitud del saco de vitelo

h_{max} = Altura máxima del saco de vitelo

h_{min} = Altura mínima del saco de vitelo

Se evaluó el volumen del glóbulo de aceite (VGA) aplicando la siguiente fórmula para calcular el volumen de una masa esférica (Heming & Buddington, 1988):

$$VGA = 0.1667 \pi DGA^3$$

VGA = Volumen del glóbulo de aceite

DGA = Diámetro del glóbulo de aceite.

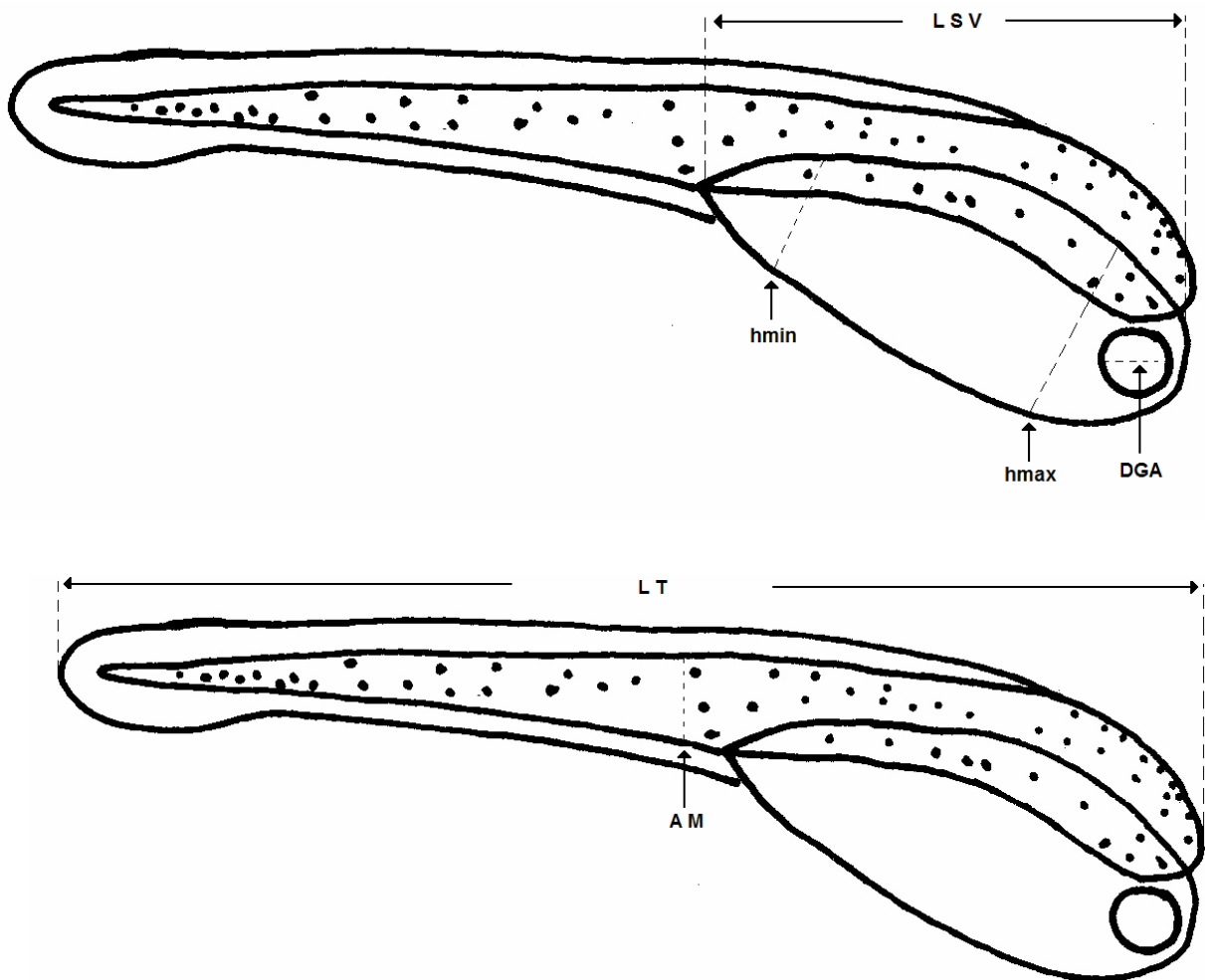


Figura 1.- Morfometría de las larvas con vitelo del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*. Longitud total (LT); altura del músculo (AM); diámetro del glóbulo de aceite (DGA); longitud del saco de vitelo (LSV); altura máxima (h_{max}); y altura mínima del saco de vitelo (h_{min}).

Alimentación exógena

Tipo y densidad de presa:

El tipo y densidad de presa se evaluó en 2 experimentos. En el primer experimento, se utilizaron 18 acuarios rectangulares de 30x20x20 cm de color negro con capacidad de 10L. Se usaron dos acuarios extras para evaluar el desarrollo de las larvas e identificar el momento en el cual iniciaba la alimentación. En el segundo experimento, se emplearon 9 acuarios de iguales características, llenados con agua de mar tratada como se describió en el diseño experimental. En ambos experimentos, se añadió la microalga *Nannochloropsis* sp. a una densidad de 300 000 células/ml. Las larvas fueron incubadas en una tolva cónica de capacidad de 100L y mantenidas a una temperatura de 26 a 27° C. Cuarenta y ocho horas post-eclosión (hpe), se sembraron las larvas en los acuarios a una densidad de 50 larvas/L. Los experimentos se condujeron a una temperatura de 26° C y una intensidad de luz de 2 000 a 2 300 lux en la superficie.

Cuando se observó que las larvas presentaban el ano abierto, la boca abierta, así como los ojos pigmentados (Fig. 2), se proporcionó el alimento vivo. Se utilizaron dos tipos de alimento: el nauplio del copépodo *Euterpina acutifrons* y el neonato del rotífero *Brachionus rotundiformis*, a una densidad de 0.1, 1 y 10 organismos/ml en el primer experimento, y en el segundo, 0.1, 10 y 15 nauplios/ml. Las tallas de las presas fueron de $79 \pm 12 \mu\text{m}$ (n=38) y $143 \pm 14 \mu\text{m}$ (n=47) para nauplios y neonatos, respectivamente. Durante el primer experimento, se determinó si las larvas se alimentaban muestreando cada hora en los acuarios extras. Después de 4 horas de haberse proporcionado el alimento, se observó que las larvas presentaban alimento en el tracto digestivo. Se procedió a muestrear 30 larvas por réplica en el resto de los acuarios. Las larvas se observaron bajo una lupa estereoscópica a 80 x. Se evaluó la eficiencia alimenticia a través del conteo del número de larvas que tenían alimento en el tracto digestivo (incidencia alimenticia) y el número de presas en el tracto digestivo de cada larva (intensidad alimenticia) (Fig. 3). Cuando fue necesario, se hizo una disección del tracto digestivo de la larva. Todos los tratamientos se hicieron por triplicado.

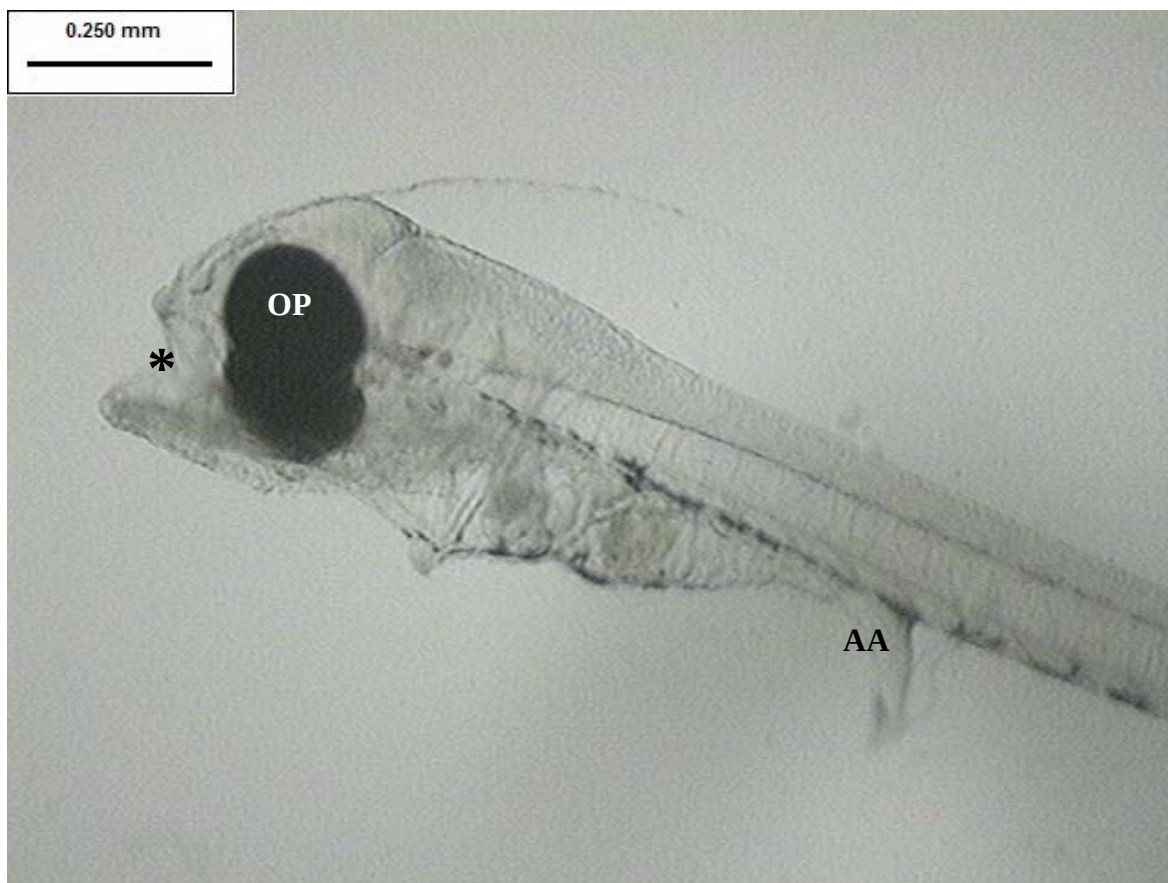


Figura 2.- Larva de huachinango *Lutjanus peru* capaz de iniciar la alimentación exógena. (OP) = ojo pigmentado; (*) = boca abierta; (AA) = Ano abierto.

Intensidad de luz

Se utilizaron 12 acuarios rectangulares de 30x20x20 cm de color negro y una capacidad de 10L. Se llenaron con agua de mar tratada como se describió anteriormente, y se añadió la microalga *Nannochloropsis sp.* a una densidad de 300 000 células/ml. Las intensidades de luz fueron 0, 500, 1 000 y 2 000 lux. La luz se suministró con 12 lámparas de luz blanca (Phillips© de 100 watts). La intensidad luminosa requerida se ajustó colocando mallas de diferentes porosidades según se necesitó. La luminosidad se midió en la superficie del agua con un fotómetro (L246373, Extech Inst. USA). La temperatura del agua se mantuvo a 26° C por medio de termostatos. Aproximadamente 48 horas hpe, se sembraron las larvas en los acuarios a una densidad de 50 larvas/L. El alimento proporcionado fue el nauplio de copépodos *E. acutifrons* a razón de 10 nauplios/ml y se proporcionaron cuando las larvas presentaron las características

mencionadas en el apartado anterior. Seis horas después de haber proporcionado el alimento, se muestrearon 20-30 larvas por acuario. Se evaluó la incidencia e intensidad alimenticia (como se ha descrito en el apartado 6.2.1).

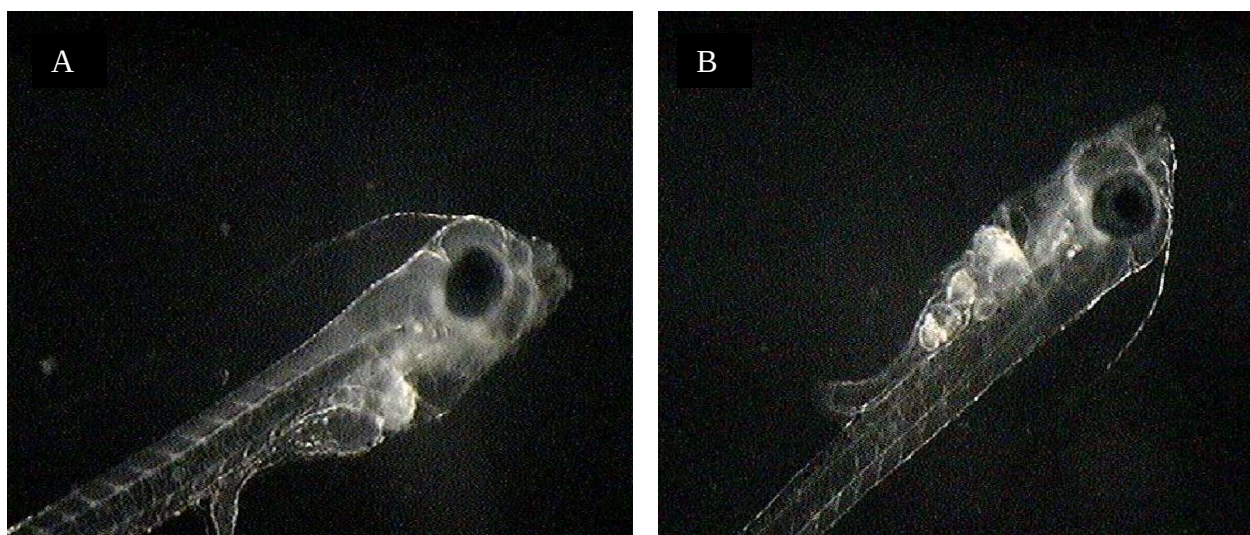


Figura 3.- Larvas de *Lutjanus peru*, A) sin alimento en el tracto digestivo. B) con alimento en el tracto digestivo

Análisis estadísticos

Los datos de la duración de desarrollo embrionario y porcentaje de eclosión fueron analizados por un ANOVA de una vía, después de haber cumplido con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (Shapiro-Wilk's y Cochran C test, respectivamente), con el software Statistica versión 6.0 de Statsoft.

Los datos de volumen de vitelo, glóbulo de aceite, longitud total y altura del músculo se analizaron mediante un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (factor: temperatura con 3 niveles 26, 28 y 30° C por separado para cada uno de los tiempos muestreados (0, 12, 24, 36 y 48 hpe). Cuando se encontraron diferencias significativas, se aplicó una prueba a posteriori de medianas a través del software Statistica 6.0. Se hicieron análisis de regresión exponencial para VV y VGA respecto al tiempo (hpe) y regresión lineal respecto a la longitud total para cada una de las temperaturas empleadas. A través de una

análisis de covarianza se determinó la tasa de consumo empleando un coeficiente de la ecuación (pendiente = b) para VV y VGA a cada temperatura.

Los datos de los experimentos de tipo y densidad de presa, e intensidad de luz (incidencia e intensidad alimenticia) se analizaron mediante una ANOVA simple después de haber cumplido con los supuestos de normalidad y homogeneidad (Shapiro-Wilk's y Cochran C test, respectivamente). Los datos de la incidencia alimenticia se transformaron con la raíz cuadrada de arcoseno. Finalmente, se aplicó una prueba de Tukey para determinar las diferencias significativas entre los niveles del tratamiento (factor: densidad de presa con 3 niveles 0.1, 1 y 10 presas/ml, experimento 1; 0.1 10 y 15 nauplios/ml, experimento 2; y factor: intensidad de luz con 4 niveles 0, 500, 1000 y 2000 lux). Para ello se empleo el software Statistica 6.0. Las graficas se hicieron en el software Sigma Plot 8.0 utilizando el promedio y la desviación estándar.

VII. RESULTADOS

Efecto de la temperatura sobre la duración del desarrollo embrionario y porcentaje de eclosión

El porcentaje de eclosión no presentó diferencias significativas entre las 3 temperaturas ($P>0.05$) (tabla 1). Sin embargo, la duración del desarrollo embrionario fue significativamente diferente entre las temperaturas. Las larvas tardaron más tiempo en eclosionar a la temperatura de 26° C (tabla 1).

Tabla 1.- Porcentaje de eclosión y duración del desarrollo embrionario (número de horas desde la fecundación hasta el 50 % de eclosión=DE) en cada temperatura (promedio $\pm$ desviación estándar).

Temperatura (° c)	Eclosión (%)	Huevos eclosionados / sembrados	DE (hrs)
30	83.7 ($\pm$ 8.3) a	369 / 441	21.0 ($\pm$ 0.5) a
28	82.4 ($\pm$ 1.6) a	338 / 410	22.8 ($\pm$ 0.25) b
26	79.8 ($\pm$ 6.9) a	331 / 415	26.5 ($\pm$ 0.25) c

Variables morfométricas durante la alimentación endógena

Al momento de la eclosión (tiempo 0), no se presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables morfométricas (LT, AM, VV y VGA; $P>0.05$) (Fig. 4) medidas a diferentes temperaturas. A partir de las 12 horas y hasta el último muestreo, se presentaron diferencias significativas para la longitud total, la cual fue mayor a 26° C que a 28 y 30° C (Fig. 4a). La altura del músculo presentó un ligero aumento en el tiempo, pero no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) entre las tres temperaturas, para cada muestreo (Fig. 4b). El volumen de vitelo fue significativamente mayor ($P<0.05$) a partir de las 12 horas y hasta el fin del muestreo en la temperatura de 26° C, mientras que entre 28 y 30° C no hubo

diferencias significativas ($P>0.05$) (Fig. 4c). De la misma manera, el volumen del glóbulo de aceite fue significativamente mayor ($P<0.05$) a 26 y 28° C a las 12 hpe. Sin embargo, en los otros tiempos de muestreo esta diferencia se mantuvo solamente a 26° C (Fig. 4d).

La relación entre la longitud total y el tiempo (crecimiento) es descrita por la curva de Gompertz (Fig. 5a, tabla 2). En todas las temperaturas el aumento de la longitud total de las larvas es más importante en las primeras 12 horas (Fig. 5a). Mientras que en todas las temperaturas, el volumen del vitelo disminuyó más rápidamente en las primeras 12 horas (Fig. 5b). Sin embargo, a lo largo del experimento, la tasa de consumo del vitelo expresada por el coeficiente b de las regresiones fue significativamente menor a 26° C ($P<0.05$) (Fig. 5b, tabla 3). En cuanto al volumen del glóbulo de aceite, se observó una disminución importante en las primeras 12 horas, mientras que la tasa de consumo fue menor a 26° C ($P<0.05$) (Fig. 5c, tabla 3).

Existe una relación lineal entre LT y VV, así como entre la LT y VGA (Fig. 6a y b, respectivamente). En ambas el consumo del vitelo y del glóbulo de aceite fue más eficiente; expresado en longitud total, cuanto las larvas se mantuvieron a la temperatura mas baja (26° C; $P<0.05$).

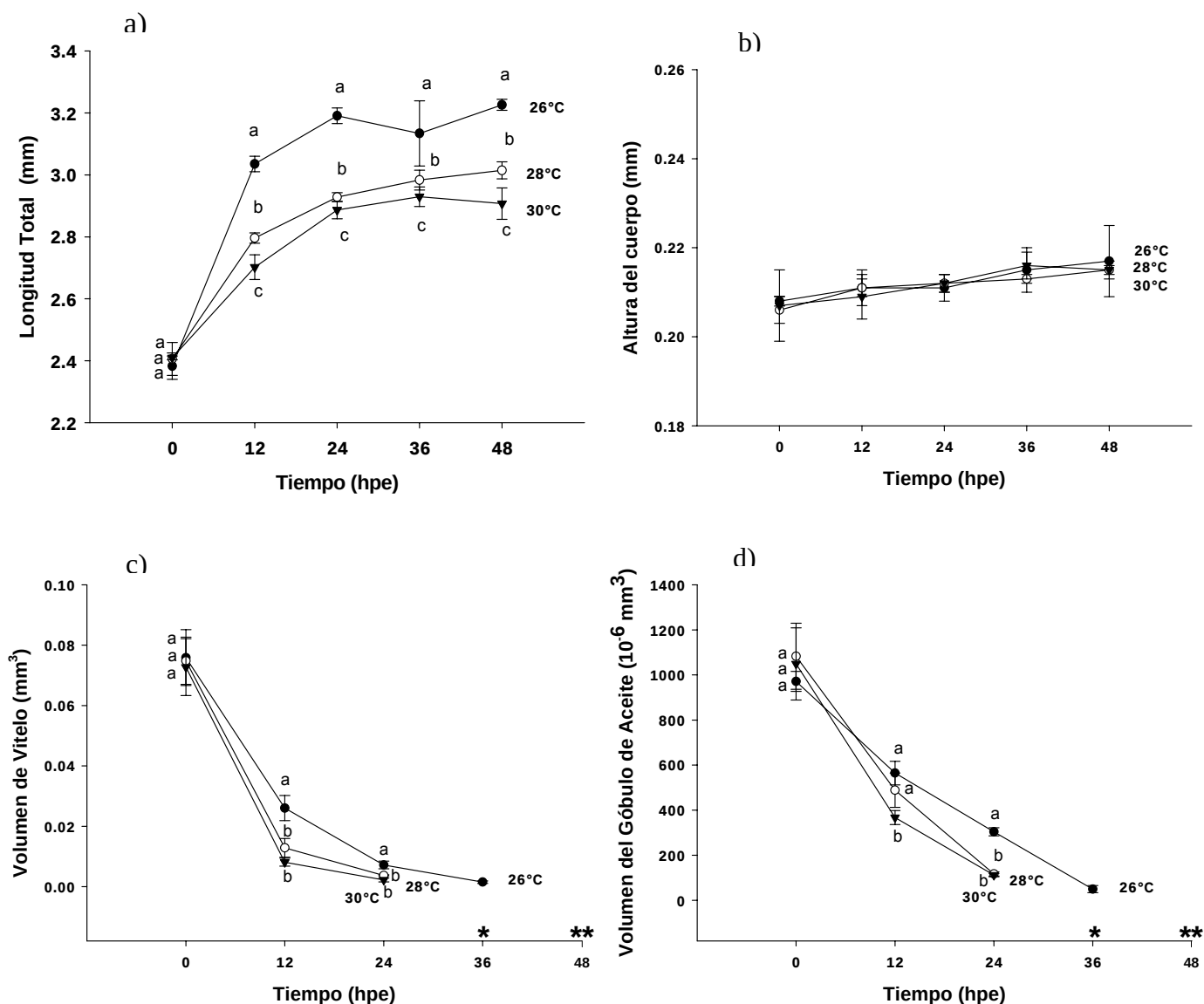


Figura 4.- Variables morfométricas de larvas con vitelo de huachinango *Lutjanus peru* mantenidas a diferentes temperaturas. a) Longitud total; b) Altura del músculo; c) Volumen del vitelo; y d) Volumen del glóbulo de aceite. Para cada tiempo de muestreo, letras diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$). Los puntos representan el promedio y las barras la desviación estándar, $n = 3$. El asterisco (*) indica la presencia de vitelo y glóbulo de aceite en un volumen tan pequeño que no se podía medir a 28 y 30° C, y el doble asterisco (**) indica lo mismo a 26° C.

Tabla 2.- Parámetros de la curva de Gompertz ($Lt = ae^{-be^{-cx}}$), donde Lt_0 = longitud total a la eclosión (t=0), r^2 coeficiente de correlación.

Temperatura (° C)	26	28	30
a	3.1928	3.0167	2.9457
b	-1.2282	-1.4881	-1.5943
c	0.1486	0.0883	0.0801
Lt_0	2.3827	2.4061	2.4094
r^2	0.9951	0.9996	0.9941

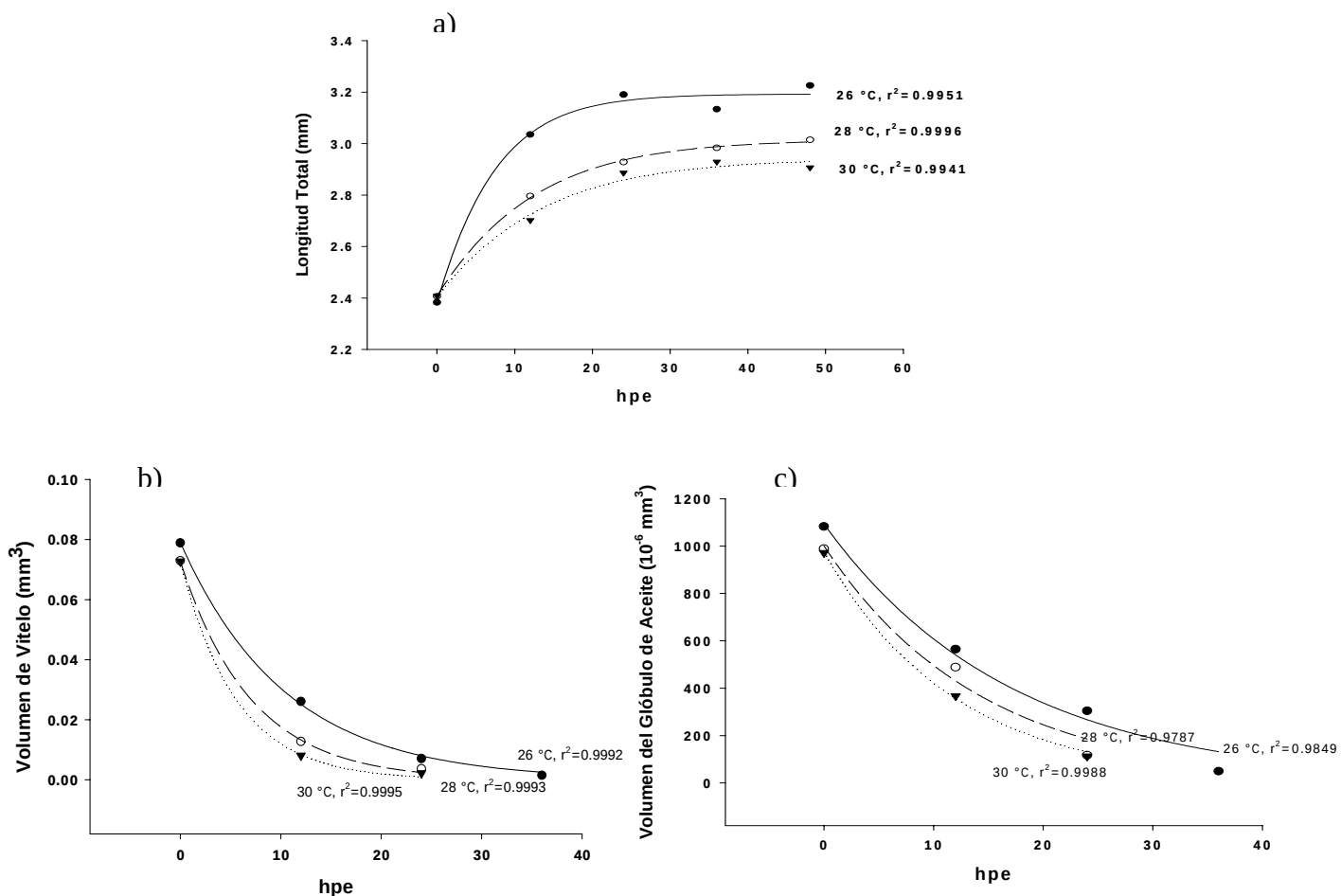


Figura 5.- Cambios a través del tiempo en larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* mantenidas a diferentes temperaturas. a) la Longitud total (Curva de Gompertz), b) Volumen del vitelo, y c) Volumen del glóbulo de aceite. Los puntos representan el promedio y las líneas el ajuste de las curvas, n=3.

Tabla 3.- Parámetros de la ecuación exponencial ($y=ae^{bx}$) de las regresiones del volumen de vitelo (VV) y volumen del glóbulo de aceite (VGA). Las letras diferentes denotan diferencia significativa ($P<0.05$).

Temperatura (° C)	VV			VGA		
	26	28	30	26	28	30
a	0.0791	0.0728	0.0741	1093.8101	1001.6396	973.9507
b	-0.0953a	-0.1418b	-0.1813b	-0.0587a	-0.0704b	-0.0841b
r²	0.9992	0.9993	0.9995	0.9849	0.9787	0.9988

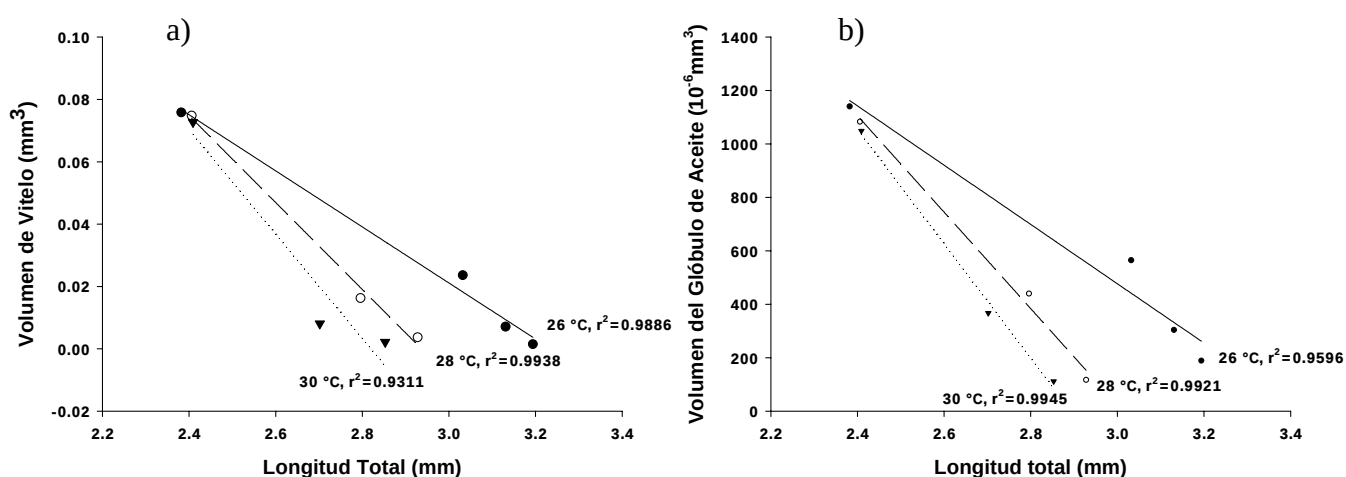


Figura 6.- Relación lineal entre a) Volumen de vitelo; b) Volumen del glóbulo de aceite y la longitud de las larvas de huachinango *Lutjanus peru* mantenidas a diferentes temperaturas. Los puntos representan el promedio y las líneas el ajuste de las curvas, n=3.

Alimentación exógena

Tipo y densidad de presa:

La eficiencia alimenticia de las larvas de huachinango del Pacífico se vio afectada tanto por el tipo de presa como por su densidad. En lo referente al tipo de presa se observó que tanto la incidencia como la intensidad alimenticia fue nula con los neonatos de rotífero *B. rotundiformis* a cualquier densidad, es decir, no hubo consumo de la presa por parte de las larvas. Sin embargo, las larvas alimentadas con nauplios de copépodo *Euterpina acutifrons* si ingirieron esta presa.

En relación a la densidad de presa con nauplios de copépodo, se observaron diferencias significativas tanto en la incidencia como en la intensidad alimenticia en ambos experimentos (Fig. 7 y 8). En el primer experimento, el porcentaje de larvas con alimento en el tubo digestivo y el número de presas por larva se incrementaron conforme se incrementó la densidad de presas proporcionadas (Fig. 7). El porcentaje de larvas con alimento en la densidad de 10 nauplios/ml fue significativamente mayor que el encontrado a la densidad de 1 nauplios/ml (35.56 ± 3.84 y 11.11 ± 5.09 , respectivamente), mientras que a la densidad de 0.1 nauplios/ml, no se detectó consumo de presas. De la misma manera, el número de presas ingeridas es significativamente mayor en el tratamiento de 10 nauplios/ml que a la densidad de 1 nauplio/ml.

En el experimento II, los mayores porcentajes de incidencia alimenticia se presentaron a densidades de 10 y 15 nauplios/ml (70.0 ± 3.3 y 53.33 ± 18.66 , respectivamente), los cuales no fueron diferentes significativamente entre si ($P > 0.05$). Sin embargo, la incidencia fue significativamente mas baja ($P < 0.05$) a la densidad de 0.1 nauplios/ml (Fig. 8a). El número de presas ingeridas por larva fue significativamente mayor ($P < 0.05$) a densidades de 10 y 15 nauplios/ml (2.25 ± 0.55 y 2.48 ± 0.53 , respectivamente) con respecto a 0.1 nauplio/ml (Fig. 8b).

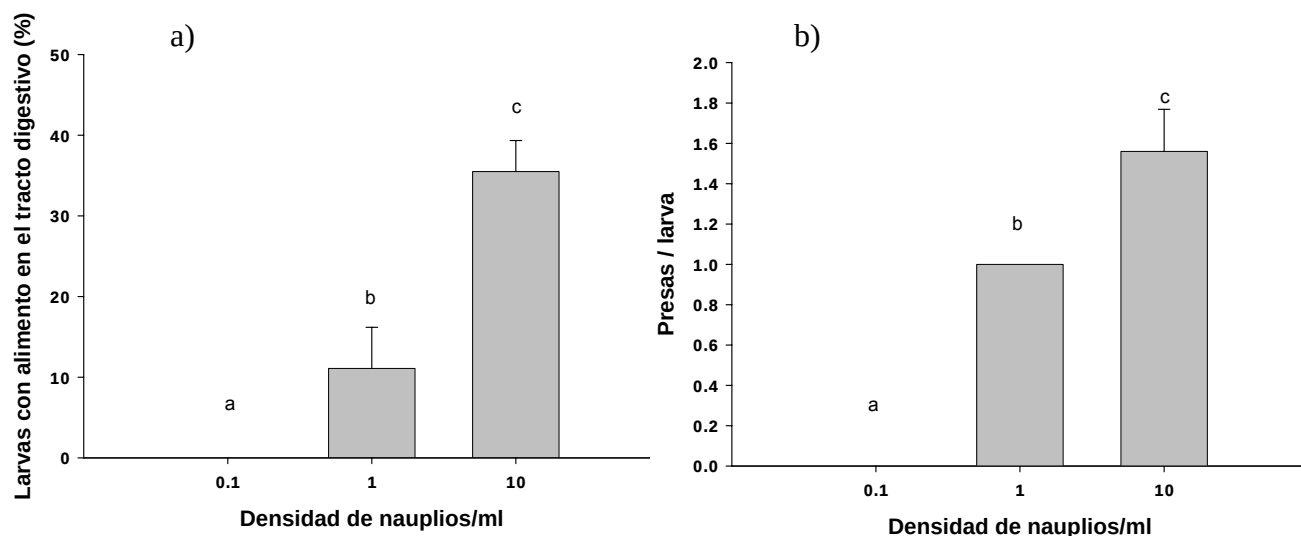


Figura 7.- Experimento 1. Eficiencia alimenticia durante la primera alimentación de larvas de huachinango *Lutjanus peru*, a diferentes densidades de nauplios de *Euterpina acutifrons*. a) Incidencia alimenticia b) Intensidad alimenticia. Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$). Las columnas representan el promedio y las barras la desviación estándar, $n=3$.

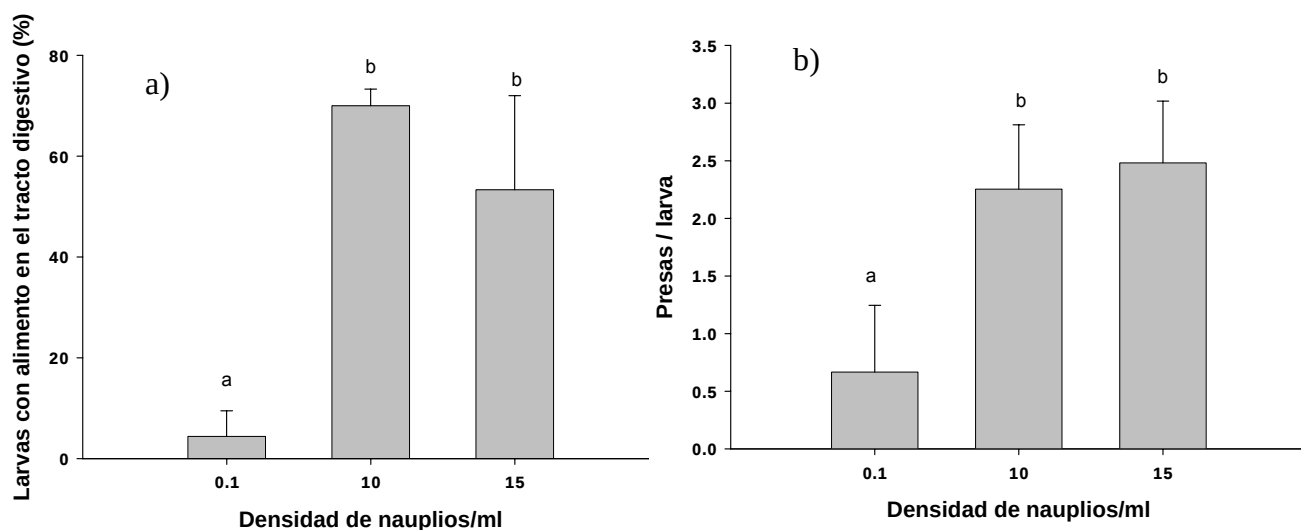


Figura 8.- Experimento 2. Eficiencia alimenticia durante la primera alimentación de larvas de huachinango *Lutjanus peru*, a diferentes densidades de nauplios de *Euterpina acutifrons*. a) Incidencia alimenticia b) Intensidad alimenticia. Letras

diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$). Las columnas representan el promedio y las barras la desviación estándar, $n=3$.

Intensidad de luz

La eficiencia alimenticia fue afectada por la intensidad de luz. El porcentaje de larvas con alimento en el tracto digestivo incrementó con el aumento de la intensidad luminosa. La incidencia alimenticia fue significativamente mayor (33.27 ± 1.24 ; $p < 0.05$) en larvas alimentadas a 2 000 lux que en el resto de los tratamientos. Las larvas alimentadas a 500 y 1 000 lux no mostraron diferencias significativas entre si (8.81 ± 4.55 y 11.36 ± 6.93 , respectivamente), mientras que a 0 lux, las larvas no consumieron el alimento (Fig. 9a). El número de presas ingeridas por larva no mostró diferencias significativas entre 500, 1000 y 2000 lux (Fig. 9b).

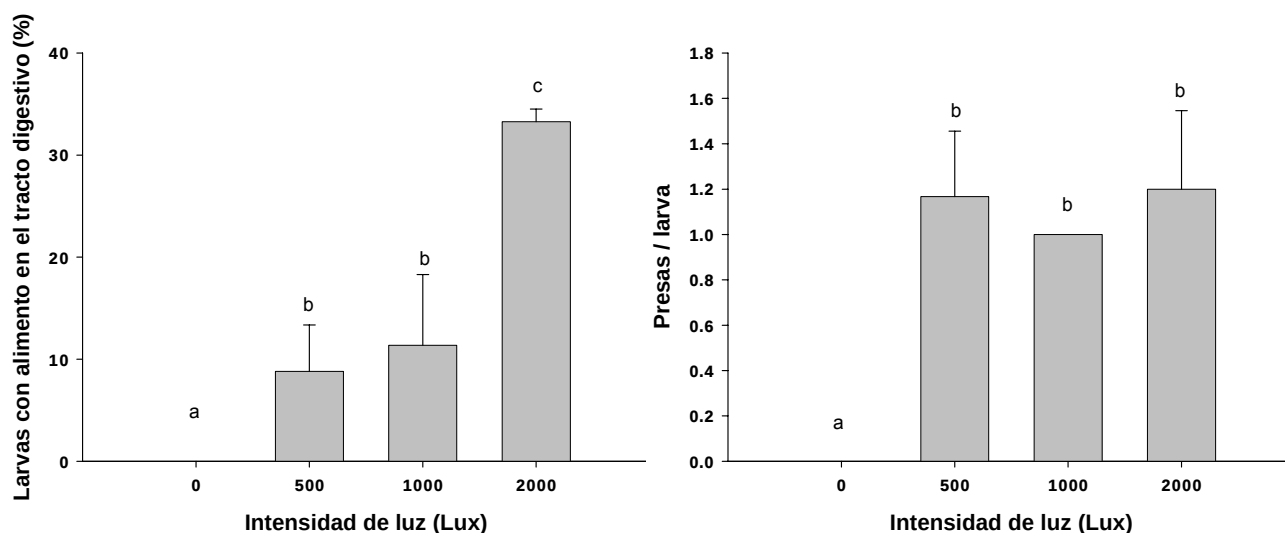


Figura 9.- Eficiencia alimenticia durante la primera alimentación de larvas de huachinango *Lutjanus peru* mantenidas a diferentes intensidades de luz. a) Incidencia alimenticia b) Intensidad alimenticia. Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

VIII. DISCUSIÓN

Efecto de la temperatura sobre la duración del desarrollo embrionario y porcentaje de eclosión

La temperatura es uno de los factores más importantes que influencia la tasa de desarrollo embrionario y el periodo larval de peces (Herzig & Winkler, 1986).

En este trabajo, hemos observado que a temperatura de 30° C la duración del desarrollo embrionario fue menor que a 26° C. Este efecto de la temperatura ha sido observado en numerosas especies, como en sardina del Pacífico *Sardinops sagax* (Lasker, 1964), el arenque *Clupea harengus* (Blaxter & Hempel, 1966), la carpa dorada *Carassius auratus* (Wiegand et al., 1988), la dorada *Sparus aurata* (Polo et al., 1991), el lenguado *Rhombosolea tapirina* (Hart & Purser, 1995), el matalote azul *Catostomus commersoni* (Hamel et al., 1997), el pez lobo *Anarhichas minor* (Falk-Petersen et al., 1999), la lubina *Dicentrarchus labrax* (Saka et al., 2001) y la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Gracia-López et al., 2004). Este aceleramiento del desarrollo se atribuye a que las altas temperaturas incrementan la velocidad del desarrollo embrionario (Pepin, 1991) debido al aumento en la tasa de actividad enzimática (Shahsavarani, 2000).

De igual manera, el porcentaje de eclosión es afectado por la temperatura. No obstante, este efecto es especie-específico. En el presente trabajo, no se observaron diferencias significativas entre las temperaturas. Cabe mencionar que el rango de temperatura que probamos en este experimento no fue muy amplio ya que se trató de trabajar con las temperaturas que prevalecen en el laboratorio durante la temporada de reproducción del huachinango. En otras especies como la carpa dorada *Carassius auratus* (Wiegand et al., 1988), la dorada *Sparus aurata* (Polo et al., 1991), el lenguado común *Solea solea* (Baynes et al., 1993), el besugo *Pagrus major* (Mihelakakis & Yoshimatsu, 1998), el trompetero *Latris lineata* (Morehead & Hart, 2003) y la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Gracia-López et al., 2004), el rango óptimo de temperatura para la incubación de huevos hasta la eclosión es amplio. Sin embargo, también se ha reportado que

fuera del rango óptimo la temperatura provoca efectos negativos sobre la eclosión, desarrollo y supervivencia (Braum 1978, Woynarovich & Horvath 1980, Marangos *et al.* 1986, Wallace & Heggberget 1988, Rana 1990, Legendre & Teugels 1991, Small & Bates 2001). Por ejemplo, en especies como el lenguado del Atlántico *Hippoglossus hippoglossus* (Bolla & Holmefjord, 1988), y la dorada *Sparus aurata* (Polo *et al.*, 1991) la incubación de los embriones a altas temperaturas resultan en una alta proporción de anomalías.

Variables morfométricas durante la alimentación endógena

En el presente trabajo no se han encontrado diferencias significativas en la longitud de las larvas a la eclosión entre las temperaturas empleadas. Los resultados con otras especies son variables. Por ejemplo, algunos autores observaron que la longitud de las larvas en la eclosión no es afectada por la temperatura en un cierto rango de temperatura pero que decrece a temperaturas extremas (Ryland & Nichols, 1975 en *Pleuronectes platessa*; Laurence & Rogers, 1976 en *Melanogrammus aeglefinus*; Polo *et al.*, 1991 en *Sparus aurata*). Existen reportes que las larvas presentan una longitud mayor a temperaturas altas de incubación (Alderdice & Forrester, 1974 en *Hippoglossoides elassodon*; Marangos *et al.*, 1986 en *Dicentrarchus labrax*; Blood *et al.*, 1994 en *Theragra chalcogramma*; Mihelakakis & Kitajima, 1994 en *Sparus sarba* y Pepin *et al.*, 1997; Peterson *et al.*, 2004 en *Gadus morhua*) o al contrario que presentan, una longitud mayor a bajas temperaturas (Pittman *et al.*, 1989 en *Hippoglossus hippoglossus*; Blaxter, 1992; Bermudes & Ritar, 1999 en *Latris lineata*; Gracia-López *et al.* 2004 en *Mycteroperca rosacea*). Estas diferencias entre especies se atribuyen a que las especies pueden presentar diferentes tasas de desarrollo, crecimiento y metabolismo provocado por la temperatura (Chambers & Trippel, 1997), o bien al hecho que el rango tolerable de temperatura para una especie no ha sido probado (Polo *et al.*, 1991).

La altura del músculo (AM), el volumen del glóbulo de aceite (VGA) y el volumen del vitelo (VV) tampoco presentaron diferencias significativas al momento de eclosión. Morehead & Hart (2003) reportaron variaciones en cuanto a la altura del músculo en *Latris lineata* pero sin un patrón definido que pudiese ser atribuido a la temperatura.

En el periodo de alimentación endógena, la temperatura si mostró un efecto significativo sobre las diferentes variables morfométricas. Las larvas incubadas a baja temperatura (26° C) presentaron una longitud total mayor y una tasa menor en el consumo de VV y VGA que las larvas incubadas a las temperaturas más altas (28 y 30° C), lo cual nos indica una mayor eficiencia alimenticia (Bermudes & Ritar, 1999). Además, el vitelo y el glóbulo de aceite a 28 y 30° C presentaron un volumen tan pequeño a las 36 hpe que no se podía medir, mientras que a 26° C, este fenómeno se observó solamente a las 48 hpe. De igual manera, Pittman *et al.* (1989) en larvas de *Hippoglossus hippoglossus* encontraron que la longitud de las larvas varió de manera inversa con la temperatura mientras que el tiempo necesario para la absorción de vitelo es menor a temperaturas altas. Conforme se aproxima el límite de temperatura tolerable, puede existir un incremento en el consumo de vitelo el cual es utilizado con baja eficiencia metabólica, lo cual resulta en una menor energía para crecimiento dando como resultado una larva más pequeña (Jobling, 1997; Jordaan, 2002).

El consumo de vitelo se ha caracterizado en muchos teleósteos por presentar tres fases de absorción. La primera fase, también llamada fase de pre-eclosión, es caracterizada por un suave pero constante incremento en la tasa de absorción de vitelo, donde el saco de vitelo y el glóbulo de aceite son consumidos en aproximadamente la misma proporción (Nakagawa & Tsuchiya, 1972). Justo un poco antes y al momento de la eclosión, la tasa de absorción de vitelo se incrementa rápidamente, probablemente en respuesta al aumento de la superficie del área que lo absorbe debido a los cambios en la forma del saco vitelino o bien al aumento en la actividad metabólica del sincitio. Esto marca el inicio de la segunda fase o fase post-eclosión, y es caracterizada por una relativamente alta y constante tasa de absorción. Durante esta fase, el saco de vitelo es preferentemente consumido que el glóbulo de aceite (May, 1974; Eldridge *et al.*, 1982; Li & Mathias, 1982; Quantz, 1985). Dado que se aproxima el agotamiento del saco de vitelo, su tasa de absorción disminuye, probablemente en respuesta a la disminución de la superficie del área de absorción por el encogimiento del saco de vitelo o al cambio en la composición de este ya que hay preferencias por ciertos compuestos que contiene. De esta forma, da inicio la tercera fase o fase

terminal de absorción, en la cual, el glóbulo de aceite es preferentemente consumido (Heming & Buddington, 1988).

Bajo este marco, en este estudio, la tasa de absorción se midió desde la fase post-eclosión. En las tres temperaturas se observaron tasas de absorción y de crecimiento más altas durante las primeras 12 horas después de la eclosión. Se ha reportado para *Siganus guttatus* (Avila & Juario, 1987) y *Lutjanus campechanus* (Williams *et al.*, 2004) que en las primeras 24 hpe las larvas presentan una mayor tasa de consumo del vitelo y glóbulo de aceite que coincide con el periodo de mayor incremento en longitud estándar y con la diferenciación de órganos. Este fuerte crecimiento ha sido atribuido a la necesidad de las larvas en incrementar su tamaño, ya que el hecho de presentar una mayor longitud reduce la depredación (Folkvord & Hunter, 1986; Cowan & Houde, 1992; Cowan *et al.*, 1996; Lundvall *et al.*, 1999). Una mayor tasa de consumo del vitelo en las primeras 24 hpe ha sido también reportado para *Siganus canaliculatus* (May *et al.*, 1974; Westernhagen & Rosenthal, 1975).

Alimentación exógena.

Tipo y densidad de presa.

La talla o tamaño del alimento (presa) ha sido considerado como uno de los principales factores limitantes para el éxito en la primera alimentación (Hunter, 1981; Pascual & Yúfera, 1987; Planas & Cunha, 1999). Es claro que la talla de las presas puede haber influenciado la eficiencia alimenticia de las larvas de huachinango. No hubo evidencia de presencia de alimento en el tracto digestivo de las larvas alimentadas con el neonato de *B. rotundiformis* el cual presentaba una talla bastante superior a la del nauplio de copépodo. El nauplio de copépodo, producido en el laboratorio o bien, capturado del medio natural, por su pequeña talla ha permitido tener éxito con algunas larvas de peces que no habían podido ser cultivadas usando rotíferos como primer alimento (Treece & Davis, 2000). Estos autores, además, observaron que al ofrecer como alimento una mezcla de plancton, los nauplios de copépodos son preferentemente consumidos sobre los rotíferos. En *Sparus aurata*, se ha reportado la preferencia al comenzar la alimentación, por pequeñas presas (Helps, 1982) en experimentos a pequeña escala, así como en cultivo extensivo (Kentouri *et al.*, 1984). No obstante, no se

descarta la posibilidad de que existiendo una interacción entre la iluminación y el color de tanque (Tamazouzt *et al.*, 2000; Peña *et al.*, 2005), y a pesar del gran tamaño del neonato, en condiciones apropiadas las larvas pudiera detectar el rotífero y consumirlo.

Sin embargo, por el momento, los presentes resultados resaltan la necesidad de presas de pequeño tamaño como es el nauplio de copépodo para alimentar las larvas de huachinango en los primeros días de cultivo, ya que el uso de esta presa puede aumentar el porcentaje de larvas que ingieren el alimento (incidencia alimenticia) al momento de la apertura de la boca. Por otra parte, la ausencia de presas pequeñas, puede retrasar el inicio de la alimentación y con ello el crecimiento y en el peor de los casos, las larvas alcanzarán el punto de no retorno en el cual la recuperación y la sobrevivencia son imposibles (Mazzola, 1985; Eda *et al.*, 1990; Polo *et al.*, 1992).

Además del tamaño de la presa, otro de los principales factores que influyen sobre la eficiencia alimenticia es la densidad con que estas se proporcionan (Hunter, 1976; Houde & Schekter, 1978; Ina *et al.*, 1979; Hunter, 1980; Gulbrandsen, 1991; Duray *et al.*, 1996; Laurel *et al.*, 2001). La eficiencia alimenticia (incidencia e intensidad) de las larvas de huachinango del Pacífico durante la primera alimentación se incrementa conforme aumenta la densidad de presa. Las larvas al momento de la primera alimentación son pequeñas y poco desarrolladas, por lo cual su movilidad puede ser escasa y lenta (Houde & Schekter, 1981; Skiftesvik *et al.*, 1994) así pues, el agregar una alta densidad de alimento incrementa la tasa de encuentro depredador-presa. Sin embargo, en el segundo experimento; en el cual se ofrecieron nauplios de copépodos a concentraciones de 0.1, 10 y 15 presas/ml, encontramos que la eficiencia alimenticia es igual en la concentración más alta y la intermedia ($p>0.05$), esto mismo es reportado para *Theragra chalcogramma* (Paul, 1983), mientras que en *Hippoglossus hippoglossus* la incidencia alimenticia óptima es alcanzado en baja concentraciones de presa (5/ml), sin embargo, la mayor intensidad alimenticia se observó a una concentración de 24 presas/ml (Gulbrandsen, 1991). Además en este último trabajo, se hace referencia a que la eficiencia alimenticia no solo depende de la densidad de presa, sino también de la densidad del depredador. Por otra parte, la depredación esta regulada por la capacidad de carga o saciedad

del depredador (Bailey & Houde, 1989). Willems *et al.*, (2005) reportan que en *Pseudomugil signifier* y *Gambusia holbrooki* alcanzaron el nivel máximo de consumo de presas cuando se expusieron a la más alta concentración de presas.

Intensidad de luz

Otro factor que destaca por su trascendencia en la eficiencia alimenticia es la intensidad de luz (Blaxter, 1975; Ellertsen *et al.*, 1980; Chatain & Ounais-Guschemann, 1991). Las larvas de peces se consideran depredadores visuales y necesitan un ambiente bien iluminado durante los primeros días de alimentación (Blaxter & Staines, 1970; Hunter, 1981; Blaxter, 1965 y 1986). Las larvas de huachinango *Lutjanus peru* sometidas a una iluminación nula (0 lux) no fueron capaces de alimentarse, por lo cual las podemos considerar como depredadores visuales.

Se ha mencionado que la incidencia alimenticia aumenta con la intensidad de luz (Hunter, 1981; Kiyono & Hirano, 1981; Blaxter, 1986; Peña *et al.*, 2004), sin embargo, la intensidad de luz con la cual el forrajeo de las larvas es eficiente varía de acuerdo a las especies (Blaxter, 1986). En este trabajo, la proporción de larvas con alimento en el tracto digestivo en la primera alimentación aumentó con la intensidad de luz. Blaxter (1965) y Puvanendran & Brown (1998) mencionan que el incremento en la eficiencia alimenticia a altas intensidades de luz es debido al incremento en el contraste entre la presa y el tanque.

Sin embargo, a pesar de que el número de larvas con alimento en el tracto digestivo aumentó conforme a la intensidad de luz, no se presentaron diferencias en cuanto a la intensidad alimenticia. De acuerdo con Blaxter (1986), el número de presas ingeridas puede estar influenciado por la saciedad de la larva y la temperatura a la que se alimenta. Sin embargo, puede verse afectada también por la densidad con que es proporcionado el alimento y la distribución espacial de las presas en el tanque (Gulbrandsen, 1991).

IX. CONCLUSIONES

El intervalo de temperatura de 26 a 30° C no afecta el porcentaje de eclosión de los huevos de huachinango *Lutjanus peru*. Sin embargo, la duración del desarrollo embrionario es menor a mayor temperatura. Al momento de la eclosión, las variables morfométricas no presentaron diferencias entre las tres temperaturas. Sin embargo, la longitud total, volumen de vitelo y glóbulo de aceite fueron mayores a 26° C, lo que significa que esta temperatura es la mejor para mantener las larvas con vitelo. En términos de un cultivo, la temperatura de 26 ° contribuye al óptimo desarrollo de las larvas haciéndolas más grandes, lo cual sugiere que serán menos frágiles y como consecuencia podrían ser depredadores más eficientes en la primera alimentación.

Se ha comprobado que las larvas de huachinango son depredadores visuales. La mayor eficiencia alimenticia se produjo a la mayor intensidad de luz (2000 lux). Se encontró que el tipo de presa afecta la eficiencia alimenticia ya que las larvas no consumieron los neonatos de rotífero. Las larvas alimentadas con el nauplio de copépodo *Euterpina acutifrons* a densidades de 10 a 15 nauplios/ml, presentaron la mayor eficiencia alimenticia.

X. RECOMENDACIONES

- Se recomienda comprobar las larvas más grandes incubadas a 26° C van a tener más éxito en la primera alimentación.
- Para poder identificar una iluminación óptima en la primera alimentación se sugiere probar intensidades de luz mayores a las empleadas en este trabajo.
- Evaluar la eficiencia alimenticia, crecimiento y supervivencia con las mejores condiciones encontradas en este trabajo a una escala mayor y no solo en acuarios de 10L para conocer el comportamiento que presentarán en un cultivo.
- Para poder concluir de manera definitiva sobre la utilidad del neonato de rotíferos en la primera alimentación de las larvas de huachinango, faltaría incluir otra variable como el color del tanque (Blanco y gris) ya que se ha observado en otros estudios su influencia.
- En un cultivo, el conocer las mejores condiciones para la alimentación exógena es esencial ya que podemos aumentar la sobrevivencia y con ello la producción. A un cuando la eficiencia alimenticia a razón de 15 nauplios/ml es alta, desde un punto de vista económico y debido a lo difícil que resulta el cultivo del copépodo, recomendamos emplear la densidad de 10 nauplios/ml.

XI. REFERENCIAS

- Alderdice, D. F. & C. R. Forrester. 1974. Early development and distribution of the flathead sole (*Hippoglossoides elassodon*). J. Fish. Res. Board Can. 31:1899–1918.
- 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.
- Álvarez-González, C. A. 2003. Actividad enzimática digestiva y evaluación de dietas para el destete de larvas de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoide: Serranidae). Tesis Doctoral. CICIMAR-IPN. 164p.
- Álvarez-Lajonchere, L. S. 2005. La escala piloto: una etapa esencial que asegura el éxito de los planes comerciales. Panorama Acuícola Magazine. Mar. / Abr: 14-16.
- Alves Jr. T. T., R. V. Cerqueira, & J. A. Brown. 2006. Early weaning of fat snook (*Centropomus parallelus* Poey 1864) larvae. Aquaculture. 253: 334-342.
- Anónimo. 2002. Anuario estadístico de pesca 2002. SAGARPA. 266 p.
- Arul, V. 1991. Effects of temperature on yolk utilization of *Channa stratus*. J. Ther. Biol. 16: 1-5.
- Avila, E. M. & J. V. Juario. 1987. Yolk and oil globule utilization and developmental morphology of the digestive tract epithelium in larval rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch). Aquaculture. 65: 319-331.
- Avilés-Quevedo, A. 2005. Calidad de huevos y larvas según el manejo de los reproductores de la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*, Pisces: Serranidae). Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. España. 187pp.
- Avilés-Quevedo, A., L. Reyes, O. Hirales, R. Rodríguez, & U. McGregor. 1996. Resultados preliminares en el cultivo del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols and Murphy, 1922) en jaulas flotantes en bahía Falsa, BCS, México. 248-250. En: A. Silva & G. Merino (Eds.). *Acuicultura en Latinoamérica*. IX Congreso latinoamericano de acuicultura. 2° Simposio avances y perspectivas de la acuicultura en Chile. Coquimbo, Chile.
- Bailey, K. M. & E. D. Houde. 1989. Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. Adv. Mar Biol. 25: 1-83.

- Balinsky, B. I. 1978. Introducción a la embriología. Omega. Barcelona, España. 644p.
- Balon, E. K. 1984. Reflections on some decisive events in the early life of fishes. Trans. Am. Fish. Soc. 113: 178-185.
- Baynes, S. M., B. R. Howell, & T. W. Beard. 1993. A review of egg production by captive sole *Solea solea* (L.). Aquacult. Fish. Manag. 24: 171-180.
- Bengtson, D. A., L. Lydon & J. D. Ainley. 1999. Green-water rearing and delayed weaning improve growth and survival of summer flounder. North. Amer. J. Aquacult. 61: 239-242.
- Bermudes, M. & A. J. Ritar. 1999. Effects of temperature on the embryonic development on the striped trumpeter (*Latris lineata* Bloch y Schneider, 1801). Aquaculture. 176: 245-225.
- Blanco, M. M., A. Gibello, J. F. Fernandez-Garayzábal, & L. Domínguez. 2004. La enfermedad de invierno en la producción de dorada: aspectos microbiológicos. Revista AquaTIC. 20: 79-87.
- Blaxter J. H. S. 1965. The feeding of herring larvae and their ecology in relation to feeding. CalCOFI Report. 10: 79-88.
- Blaxter, J. H. S. 1975. The eyes of larval fish. En: Vision in Fishes, New Approaches in Research. 427-443. Ali, M. A. (Ed). Plenum Press, New York.
- 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. 1992. The effects of temperature on larval fishes. Neth. J. Zool. 42 (2-3): 336-357.
- Blaxter, J. H. S. & G. Hempel. 1966. Utilization of yolk by herring larvae. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 46: 219-234.
- 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.
- Blood, D. M., A. C., Matarese. & M. Yoklavich. 1994. Embryonic development of walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*, from Shelikof Strait, Gulf of Alaska. Fish. Bull. 92: 207-222.
- Bolla, S. & I. Holmefjord. 1988. Effect of temperature and light on development of Atlantic halibut larvae. Aquaculture. 74: 355-358.

- Braum E. 1978. Ecological aspects of the survival of fish eggs, embryos and larvae. 177-252. En: Gerking, D. (Ed). Ecology of freshwater fish production. Blackwell Science, Oxford.
- Cahu, C. L., J. L. Zambonino-Infante, A. Péres, P. Quazuguel, M.M. Le Gall. 1998. Algal addition in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae rearing: effect on digestive enzymes. Aquaculture. 161: 479-489.
- Canino, M. F. & K. M. Bailey. 1995. Gut evacuation of walleye pollock larvae in response to feeding conditions. J. Fish. Biol., 46: 389-403.
- Carrasco-Chávez, V. 2004. Variación de ácidos grasos durante la ontogenia inicial y requerimientos lipídicos de juveniles en cautiverio de cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. 76p.
- 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.
- Chambers, R. C. & E. A. Trippel. 1997. Environmental influence on egg and propagule size in marine fishes. 83-86. En: Chambers, R. & Trippel, E. (Eds.). Early life history and recruitment in fish populations. Fish and fisheries series 21. Chapman & Hall. London.
- Chatain, B. y N. Ounais-Guschemann. 1991. The relationships between light and larvae of *Sparus aurata*. Eur. Aquac. Soc. Spec. Publ., 15 : 310-313.
- Cobcroft, J. M., P. M. Pankhurst, P. R. Hart & S. C. Battaglene. 2001. The effects of light intensity and algae induced turbidity on feeding behaviour of larval striped trumpeter. J. Fish Biol. 59: 1181-1197.
- Cook M. A. & M. B. Rust. 2002. The effect of light intensity on development and hatching success of lingcod, *Ophiodon elongates* (Girard) eggs. Aquacult. Res., 33: 217-222.
- Cowan, J. H. & E. D. Houde, 1992. Size-dependent predation on marine fish larvae for ctenophores, scyphomedusae, and planktivorous fish. Fish. Oceanogr. 1: 113-126.
- Cowan, J. H., E. D. Houde & K.A. Rose. 1996. Size-dependent vulnerability of marine fish larvae to predation: an individual-based numerical experiment. ICES J. Mar. Sci. 53: 23-37.

- Dabrowski, K. 1984. The feeding of fish larvae: present "state of art" and perspectives. Reprod. Nutr. Develop., 24: 807-833.
- De Jaime-Lorén, J. M. 2003. Epónimos científicos. Baño María. María La Judía. Universidad Cardenal Herrera-CEU. (Moncada, Valencia). http://www.uch.ceu.es/principal/eponimos_cientificos/bano_maria.asp
- Díaz-Urbe, J. G. 1994. Análisis trofodinámico del huachinango *Lutjanus peru* en las Bahías de La Paz y Ventana BCS., México. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Científicas y de Estudios Superiores de Ensenada, CICESE. 57 p.
- 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(4): 561-574.
- Downing, G. & M. K. Litvak. 1999. The influence of light intensity on growth of larval haddock. North. Am. J. Aquacult. 61: 135-140.
- Dumas, S., M. O. 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: 614-623.
- 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. N., C. B. Estudillo, & L. G. Alpasan. 1996. The effect of background color and rotifer density on rotifer intake. Growth and survival of the grouper (*Epinephelus suillus*) larvae. Aquaculture. 146: 217-224
- Eda, H., R Murashige., Oozeki, O., Hagiwara, A., Eastham, B., Bass, P., Tamaru, C. y Lee, C. 1990. Factors affecting intensive larval rearing of striped mullet, *Mugil cephalus*. Aquaculture, 91: 281-294.
- Eldridge, M. B., J. A. Whipple, & M. J. Bowers. 1982. Bioenergetics and growth of stripped bass, *Morone saxatilis* embryos and larvae. Fish. Bull. 80: 61-474.
- Ellertsen, B. P, Solemdal, T. Stromme, S. Tilseth, T. Westgard, E. Moksness, & V. Oiestad. 1980. Some biological aspects of cod larvae (*Gadus morhua* L.). Fisk. Dir. Skr. Ser. HavUnders, 17: 29-47.

- Falk-Petersen, I. B., T. K. Hansen, R. Fieler, & L. M. Sunde. 1999. Cultivation of the spotted wolffish *Anarhichas minor* (Olafsen) a new candidate for cold water fish farmer. Aquacult. Res. 30: 711-718.
- Fernández-Díaz, C., E. Pascual, & M. Yúfera. 1994. Feeding behaviour and prey size selection of gilthead seabream, *Sparus aurata*, larvae fed on inert and live food. Mar. Biol. 118: 323-328.
- Folkvord, A. & J. R. Hunter. 1986. Size specific vulnerability of northern anchovy (*Engraulis mordax*) larvae to predation by fishes. Fish. Bull. U.S. 84: 859-869.
- Fukuhara O. 1990. Effects of temperature on yolk utilization, initial growth, and behaviour of unfed marine fish larvae. Mar. Biol., 106:169-174.
- García-García, J., A. R. Yañez, & B. García-García. 2002. Directrices generales de diseño de explotaciones de engorde de especies acuícolas en jaulas en mar. Arch. Zootec. 51: 469-472.
- Grayeb-Del Álamo, T. 2001. Efecto de la densidad en el crecimineto de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoide: Serranidae) cultivada en jaulas flotantes. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. 119p
- Gracia-López, V., M. Kiewek-Martínez & M. Maldonado-García. 2004. Effects of temperature and salinity on artificially reproduced eggs and larvae of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea*. Aquaculture. 237: 485-498.
- 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.
- Gulbrandsen, J. 1991. Functional response of Atlantic halibut larvae related to prey density and distribution. Aquaculture. 94: 89-98.
- Gutherie, D. M. 1986. Role of vision in fish behaviour. 75-113. En: Pitcher, T. J. (Ed.), Behaviour of Teleost Fishes, 2nd edition. Croom Helm, London.
- Hamel, P., P. Magnan, M. Lapointe, & P. East. 1997. Timing of spawning and assessment of a degree-day model to predict the *in situ* embryonic developmental rate of white sucker, *Catostomus commersoni* Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54(9): 2040-2048.

- Hart P. J. 1997. Foraging Tactics. 104-133. En: Godin, J. G. (Ed.), Behavioural Ecology of Teleost Fishes. Oxford University Press.
- Hart, P. R. & G. J. Purser. 1995. Weaning of hatchery-reared greenback flounder (*Rhombosolea tapirina* Günther) from live to artificial diets: Effects of age and duration of the changeover period. Aquaculture. 145: 171-181.
- Helps, S. K. 1982. An examination of prey size selection and its subsequent effect on survival and growth of larval gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Master Thesis. Plymouth Polytechnic. UK. 50p.
- Helvik, J. V. & O. Karlsen. 1996. The effect of light- and dark-rearing on the development of the eyes of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) yolk sac larvae. Mar. Fresh. Behav. Physiol. 28: 107-121.
- Heming, T. A., & Buddington, R. K. 1988. Yolk absorption in embryonic and larval fishes. 407-446. En: Hoar, W. S & D. J. Randall (Eds.). Fish Physiology, vol. XI A. Academic Press Inc., London.
- Herzig, A. & J. Winkler. 1986. The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Abramis brama*, *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. J. Fish Biol. 28: 171-181.
- Houde, E. D. & R. C. Schekter. 1981. Growth rates, ratios and cohort consumption of marine fish larvae in relation of prey concentration. Rapp. P.v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 178: 441-453.
- Hunter, J. R. 1976. Culture and growth of northern anchovy, *Engraulis mordax*, larvae. Fish. Bull. Fish Wildl. Serv. U.S. 74:81-88.
- Hunter, J. R. 1980. The feeding behaviour and ecology of marine fish larvae. En: Bardach, J. E., J. J. Magnuson, R. C. May, & J. M. Reinhart (Eds.). Fish behaviour and its use in the capture and culture of fishes. ICLARM Conference Proceedings 5, International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines. 512p.
- 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. University of Washington Press, Seattle, USA.
- Huse, I. 1994. Feeding at different illumination levels in larvae of three marine teleosts species: cod *Gadus morhua* L., plaice *Pleuronectes platessa* L., and turbot *Scophthalmus maximus* L. Aquacult. Fish. Manag. 25: 687-695.

- Ibrahim, F. S., K. J. Rana, J. Stephen-Goddard & I. S. Al Amri. 2006. Morphological development of post hatch larval goldlined seabream *Rhabdosargus sarba* (Forsk., 1775). Aquacult. Res. 37: 1156-1164.
- Ikenoue, H. & T. Kakufu. 1992. Modern methods of aquaculture in Japan. Elsevier, Amsterdam. 274p.
- Ina, K., Y. Ryogi, & K. Higashi. 1979. Color sensitivity of red sea bream, *Pagrus major*. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45 (1): 1-5.
- Jobling, M. 1997. Temperature and growth: Modulation of growth rate via temperature change. 225-253. En: Wood C. M., & D. G. McDonald (Eds). Global warming: implications for freshwater and marine fish, Soc. Exp. Biol. Sem. Ser. Vol. 61. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jordaan, A., 2002. The effect of the temperature on the development, growth and survival of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during early life-histories. Master thesis, University of Maine. 87p.
- Kamler, E. 1976. Variability of respiration and body composition during early developmental stages of carp. Pol. Arch. Hydrobiol. 23: 431-485.
- Kentouri, M., P. Divanach, & J. Paris. 1984. Approche du comportement trophique des larves du sar (*Diplodus sargus*), de la daurade (*Sparus auratus*), du charax (*Puntazzo puntazzo*) et du marbré (*Lithognathus mormyrus*). 139-159. En: Bernabé, G. & R. Billard. (Eds.). L'Aquaculture du Bar et des Sparidés. INRA, Paris.
- Khemis, I. B., C. Audet, R. Fournier, & J. De la Noue. 2003. Early weaning of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus* Walbaum) larvae on a commercial microencapsulated diet. Aquacult. Res. 34: 445-452.
- Kiyono, M., & R. Hirano. 1981. Effects of light on the feeding and growth of black porgy, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky), postlarvae and juveniles. Rapp. P.v.- Réun.- Cons. Inter. Explor. Mer 178: 334- 336.
- Kloppmann, M. H., N. Hillgruber, & H. Westernhagen. 2002. Wind-mixing effects on feeding success and condition of blue whiting larvae in the Porcupine bank area. Mar. Ecol. Prog. Ser. 235: 263-277
- Kohno, H. 1998. Early life history features influencing larval survival of cultivated tropical finfish. 74-109. En: De Silva, S. (Ed.). Tropical Mariculture. Academic Press Inc. London.

- Laurel, B. J., J. A. Brown, & R. Anderson. 2001. Behaviour, growth and survival of redfish larvae in relation to prey availability. J. Fish Biol. 59: 884-901.
- Laurence, G. C. & C. A. Rogers. 1976. Effects of temperature and salinity on comparative embryo development and mortality of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus* (L)). J. Cons. Int. Explor. Mer. 36: 220-228.
- Lazo, J. P., M. T. Dinis, G. J. Holt, C. Faulk, & C. R. Arnold. 2000. Co-feeding microparticulate diets with algae: toward eliminating the need of zooplankton at first feeding in larval red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture, 188: 339-351.
- Lasker, R. 1964. An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development, and growth of Pacific sardine embryos and larvae. Copeia. 1964 (2): 399-405.
- Legendre M. & G. G. Teugels. 1991. Développement et tolérance à la température des oeufs de *Heterobranchus longifilis* et comparaison des développements larvaires de *H. longifilis* et de *Clarias gariepinus* (Teleostei, Clariidae). Aquat. Liv. Res. 4: 227-240.
- Li, S. & J. A. Mathias. 1982. Causes of high mortality among of cultured larval walleye. Trans. Am. Fish. Soc. 111: 710-721.
- Lundvall, D., R. Svanbäck, L. Persson & P. Byström. 1999. Size-dependent predation in piscivores: interactions between predator foraging and prey avoidance abilities. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 1285-1292.
- Marangos C., H. Yagi, & H. J. Ceccaldi. 1986. Rôle de la température et de la salinité sur le taux de survie et la morphogénèse au cours du développement embryonnaire chez les oeufs du loup de mer *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Teleostei, Serranidae). Aquaculture. 54: 287-300.
- Matus-Nivón, E., R. Ramírez-Sevilla, R. Martínez-Pecero, J. L. Ortiz-Galindo. 1990. Potencial acuacultural de ocho especies de peces marinos del Pacífico mexicano, con base en su biología temprana. 67-74. En: De la Lanza-Espino, G. y Arredondo-Figueroa, J. L. (Eds.). La acuicultura en México: De los conceptos a la producción. Instituto de Biología. UNAM. México.

- May, R. C., 1974. Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. 3-19. En: Blaxter, J.H.S. (Ed.). The Early Life History of Fish. Springer Verlag, Berlin.
- May, R. C., D. Popper, & J. P. McVey. 1974. Rearing and larval development of *Siganus canaliculatus* (Park) (Pisces: Siganidae). Micronesica. 10: 285-298.
- Mazzola, A. 1985. Tecniche di allevamento larvale in *Sparus aurata* L. Oebalia. 11: 713-727.
- Mihelakakis, A. & C. Kitajima. 1994. Effects of salinity and temperature on incubation period, hatching rate, and morphogenesis of the silver sea bream, *Sparus sarba* (Forskål, 1775). Aquaculture. 126, 361-371.
- Mihelakis, A. & T. Yoshimatsu. 1998. Effects of salinity and temperature on incubation period, hatching rate and morphogenesis of the red sea bream. Aquacult. Inter. 6: 171-177.
- Morehead, D. T., & P. Hart. 2003. Effect of temperature on hatching success and size of striped trumpeter (*Latris lineata*) larvae. Aquaculture. 220:595-606.
- Nakagawa, H. & Y. Tsuchiya. 1972. Studies on rainbow trout egg (*Salmo gairdnerii irideus*). IV. Changes of yolk content during embryogenesis. J. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima Univ. 15: 34-46.
- Naas, K. E., T. Naess, & T. Harboe. 1992. Enhanced first feeding of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) in green water. Aquaculture. 105: 143-156.
- Naas, K., I. Huse, & J. Iglesias. 1996 Illumination in first feeding tanks for marine fish larvae. Aquacult. Eng., 15: 291-300.
- Paul, A. J. 1983. Light, temperature, nauplii concentrations, and prey capture by first feeding pollock larvae *Theragra chalcogramma*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 13: 175-179.
- Pascual, E., & M. Yúfera. 1987. Alimentación durante el cultivo larvario de peces marinos. 251-293. En: Espinosa de los Monteros, J. & U. Labarta (Eds). Alimentación en acuicultura. CAICYT, Madrid.
- Pelcastre, V. 2006. Inducción a la ovulación y espermiogénesis en el huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols and Murphy 1922) y almacenamiento de su semen. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. México. 96p.

- Peña, R. 2005. 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, R. Saldivar-Lucio, G. García, A. Trasviña, & D. E. Hernández-Ceballos. 2004. The effects of light intensity on first feeding of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* Steindachner larvae. Aquacult. Res., 35: 345-349.
- Peña, R., S. Dumas, A. Trasviña, G. García & H. Pliego-Cortéz. 2005. The effects of rearing tank color and prey density on first feeding of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus*. Aquacult. Res., 36: 1239-1242.
- Pepin, P., 1991. Effect of temperature and size on development, mortality, and survival rates of the pelagic early life history stages of marine fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 503-518.
- Pepin, P., D. C. Orr, & J. T. Anderson. 1997. Time to hatch and larval size in relation to temperature and egg size in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54 (Suppl. 1): 2-10.
- Peterson, R. H., D. J. Martin-Robichaud, & P. Harmon. 2004. Influence of incubation temperature on body movements of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) on size at hatch. Aquacult. Res. 35:453-458.
- Pintos-Terán, P., S. Dumas, H. Pliego-Cortes, & J. P. Alcantar. 2003. Características reproductivas del huachinango del pacífico (*Lutjanus peru*) en cautiverio. CIVA 2003. <http://www.CIVA2003.org.pp> 615-623.
- Pittman, K., A. Berit, & T. Harboe. 1989. Effect of temperature on growth rates and organogenesis in the larvae of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). Rapp. P.v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer., 191: 421-430.
- Planas, M. & I. Cunha. 1999. Larvae culture of marine fish: problems and perspectives. Aquaculture. 177: 171-190.
- Pliego, C. H. & Alcántar, V. J. 2002. Inducción al desove de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* Steindachner, 1868 (Pises: Serranidae) mediante el análogo de factor de liberación de la hormona luteinizante (LHRHa). Tesis de licenciatura. UABCS. 70p.
- Polo, A., M. Yúfera, & E. Pascual. 1991. Effects of temperature on eggs and larval development of *Sparus aurata* L. Aquaculture. 92: 367-375.

- Polo, A., M. Yúfera, & E. Pascual. 1992. Feeding and growth of gilthead seabream (*Sparus aurata* L) larvae in relation to size of the rotifer strain used as food. Aquaculture. 79: 157-161.
- Puvanendran, V., & J. A. Brown. 1998. Effect of light intensity on the foraging and growth of Atlantic cod larvae: interpopulation difference? Mar. Ecol. Prog. Ser., 167: 207-214.
- Quantz, G. 1985. Use of endogenous energy sources by larval turbot *Scophthalmus maximus*. Trans. Am. Fish. Soc. 114: 558-563.
- Radonic, M., A. Lopez, M. Oka, & O. Aristizábal. 2005. Effect of the incubation temperature on the embryonic development and hatching time of eggs of the red porgy *Pagrus pagrus* (Linne, 1758) (Pisces: Sparidae). Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 40 (2): 91-99.
- Rana K. J. 1990. Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L.) eggs and fry. I. Gross embryology, temperature tolerance and rates of embryonic development. Aquaculture. 87: 165-181.
- Ryland, J. S. & J. H. Nichols. 1975. Effect of temperature on embryonic development of the plaice, *Pleuronectes platessa* L. (teleostei). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 18: 121-137.
- Saka, S., K. Firat, & H. Kamaci. 2001. The development of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) eggs in relation to temperature. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 25:139-147.
- Sánchez-Velasco, L. 1998. Diet composition and feeding habits of fish larvae of two co-occurring species (Pices: Callionymidae and Bothidae) in the northwestern Mediterranean. ICES J. Mar. Sci. 55: 299-308.
- Seiffert, B. 2001. Effect of dietary (n-3) highly unsaturated fatty acids on growth and survival of fat snook (*Centropomus parallelus*, Pisces: Centropomidae) larvae during first feeding. Braz. J. Med. Biol. Res. 34: 645-651.
- Shahsavarani, A. 2000. Effects of temperature on embryonic physiology of Artic char (*Salvelinus alpinus*). Master thesis. The University of Guelph. Canada. 164p.
- Shields, R. J., J. G. Bell, F. S. Luizi, B. Gara, N. R. Bromage, & J. R. Sargent. 1999. Natural copepods are superior to enriched *Artemia* nauplii as feed for halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus*) in terms of survival,

- pigmentation and retinal morphology: relation to dietary essential fatty acids. J. Nutr. 129: 1186-1194.
- Silva, A. 1999. Effect of the microalga *Isochrysis galbana* on the early larval culture of *Paralichthys adspersus*. Cienc. Mar. 25: 267-276.
- Skiftesvik, A. V., O. Bergh, & I. Opstad. 1994. Activity and swimming speed at time first feeding of halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) larvae. J. fish Biol. 45: 349-351.
- Small B. C. & T. D. Bates. 2001. Effect of low-temperature incubation of channel catfish *Ictalurus punctatus* eggs on development, survival, and growth. J. World Aquacult. Soc. 32: 189-194.
- Subagja J., J. Slembrouck, L. T. Hung, & M. Legendre. 1999. Larval rearing of an Asian catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Siluroidei, Pangasiidae): analysis of precocious mortality and proposition of appropriate treatments. Aquat. Living Res. 12: 37-44.
- Sund, T., & I. B. Falk-Petersen. 2005. Effects of incubation temperature on development and yolk sac conversion efficiencies of spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen) embryos until hatch. Aquacult. Res. 36: 1133-1143.
- Tamazouzt, L., B. Chatain & P. Fontaine. 2000. Tank wall colour and light level affect growth and survival and Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis* L.). Aquaculture. 182: 85-90.
- Tilseth, S. & Ellertsen, B. 1984. Food consumption rate and gut evacuation processes of first feeding cod larvae (*Gadus morhua* L). 167-182. En: Dahl, E.; D. S. Danelssen, E. Moksness & P. Solendal (Eds.). The propagation of cod *Gadus morhua* L. part I. An international symposium. Institute of Marine Research, Arendal, Norway.
- Treece, G. D., & D. A. Davis. 2000. Culture of small zooplankters for the feeding of larval fish. SRAC. 701: 1-7.
- Tucker, J. W. 1998. Marine Fish Culture. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, U.S.A. 750p.
- Utne-Palm, A. C. W. 1997. The effect of turbidity and illumination on the reaction distance and research time of the marine planktivore *Gobiusculus flavescens* to its planktonic prey. J. Fish Biol., 50: 926-938.

- Utne-Palm, A. C. W. 1999. The effect of mobility prey, prey contrast, turbidity and spectral composition on the reaction distance of the marine planktivore *Gobiusculus flavescens* to its planktonic prey. J. Fish Biol., 54: 1244-1258.
- Vinyard, G. L., & W. J. O' Brien. 1976. Effect of light and turbidity on the reaction distance of bluegill (*Lepomis macrochirus*). J. Fish. Res. Board Can., 33: 2845-2849.
- Wadeson, P. H. & K. Crawford. 2003. Formation of the blastoderm and yolk syncytial layer in early squid development. Biol. Bull. 205: 179-180.
- Wallace, J. C. & T. G. Heggberget. 1988. Incubation of eggs of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different Norwegian streams at temperatures below 1° C. Can. J. Fish Aquatic Sci. 45: 193-196.
- Ware, D. M. 1973. Risk of epibenthic prey to predation by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish Res. Board Can., 30: 787-797.
- Werner, R. G. & Blaxter, J.H.S. (1981). The effect of prey density on mortality, growth and food consumption in larval herring (*Clupea harengus* L.). Rapp. P.-V. Reun. CIESM Mediterr. Monaco., 178: 405-408.
- Westernhagen, H. V. & H. Rosenthal. 1975. Rearing and spawning siganids (Pisces: Teleostei) in a closed seawater system. Helgol. Wiss. Meeresunters. 27: 1-18.
- Wiegand, M. D., L. Buchanan, J. Loewen, & C. Hewitt. 1988. Effects of rearing temperature on development and survival of embryonic and larval goldfish. Aquaculture. 71: 209-222.
- Willems, K. J., C. E. Webb, & R. C. Rusell. 2005. A comparison of mosquito predation by the fish *Pseudomugil signifier* Kner and *Gambusia holbrooki* (Girard) in laboratory trials. J. Vec. Ecol. 30 (1): 87-90.
- Williams, K., N. Papanikos, R. Phelps, & J. Shardo. 2004. Development, growth and yolk utilization of hatchery-reared red snapper *Lutjanus campechanus* larvae. Mar. Ecol. Prog. Ser. 275: 231-239.
- Woynarovich E. & L. Horvath. 1980. The artificial propagation of warm-water finfishes. A manual for extension. FAO Fishery Technical Paper 201. 183p.
- Yin, M. C. & J. H. S. Blaxter. 1987. Feeding ability and survival during starvation of marine fish larvae reared in the laboratory. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 105: 73-83.

Zanuy, S. & M. Carrillo. 1993. Técnicas de control de la reproducción en los teleósteos. 143-156. En: F. Castelló-Orvay (Ed). Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Universitat de Barcelona. España. 739 p.

ANEXO I

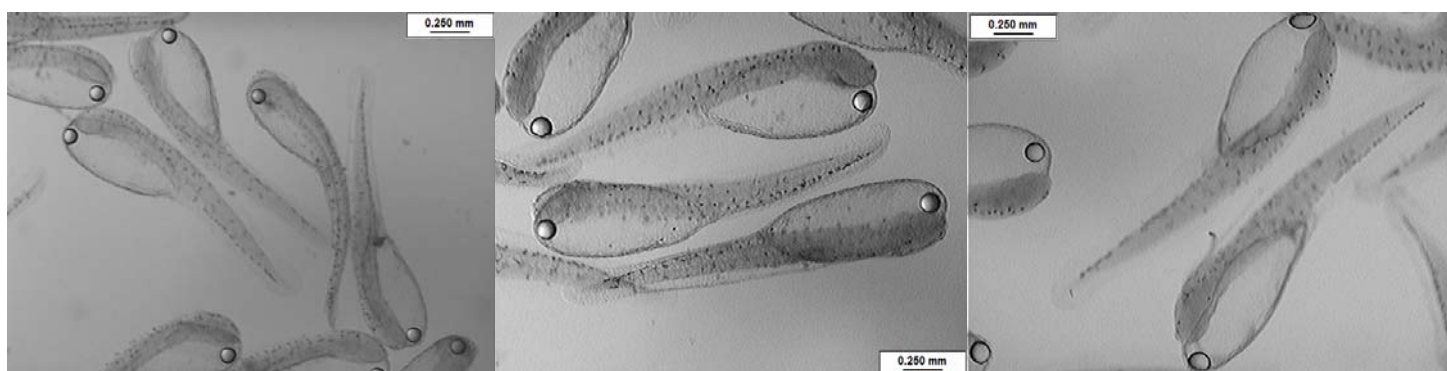
Figura 10.- Larvas de huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* mantenidas a diferente temperatura

26° C

28° C

30° C

Momento de la eclosión



12 Horas Post-Eclosión



24 Horas Post-Eclosión



36 Horas Post-Eclosión



48 Horas Post-Eclosión

