



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS

**Efecto de la temperatura y salinidad durante el desarrollo
embrionario y de la densidad de siembra en la crianza
larvaria de *Paralabrax maculatofasciatus*.**

TESIS QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS
MARINOS

PRESENTA:

ING. EN ACUAC. SONIA FUTEMA JIMENEZ

La Paz, B.C.S. Enero del 2004.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 17 del mes de Diciembre del 2003 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 Y SALINIDAD DURANTE EL DESARROLLO EMBRIONARIO Y DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA CRIANZA LARVARIA DE *Paralabrax maculatofasciatus*”

Presentada por el alumno:

FUTEMA

Apellido paterno

JIMÉNEZ

materno

SONIA

nombre(s)

Con registro:

B	9	3	0	7	1	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA 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

MC. JOSÉ LUIS ORTIZ GALINDO

PRESIDENTE

DR. BENJAMIN H. ANGUAS VELEZ

SECRETARIO

MC. TANOS GRAYEB DEL ALAMO

SEGUNDO VOCAL

MC. MAURICIO CONTRERAS OLGUIN

TERCER VOCAL

MC. ELOISA MATUS NIVON

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 16 del mes Diciembre del año 2003, el (la) que suscribe SONIA FUTEMA JIMÉNEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B930715 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: MC. JOSÉ LUIS ORTIZ GALINDO y cede los derechos del trabajo titulado: **“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y SALINIDAD DURANTE EL DESARROLLO EMBRIONARIO Y DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA CRIANZA LARVARIA DE *Paralabrax maculatofasciatus*”** 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: futemajs@hotmail.com

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


SONIA FUTEMA JIMÉNEZ

nombre y firma

DEDICATORIAS

***A mis padres y hermanos por su amor
y apoyo incondicional
en el transitar de la vida.***

A Gerardo por ser esposo y amigo.

*Uno puede apartarse de su sueño
pero no olvidarlo.
(P. Coelho)*

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca No. 85937 otorgada para estudios de maestría.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) y al Insitituto Politécnico Nacional por la beca de postgrado para conclusión de tesis, durante el periodo ago 03/ene 04.

Al proyecto DEPI No.931390 Biología y cultivo de peces de importancia comercial, dirigido por MC José Luis Ortíz Galindo.

A mi director de tesis: MC José Luis Ortíz Galindo por toda su colaboración y apoyo.

Al Comité Revisor: En especial a la MC Eloisa Matus Nivón y MC Mauricio Contreras Olguín por dedicar horas extras en el trabajo de laboratorio y revisión del manuscrito, al Dr. Benjamín Anguas Vélez por la traducción del resumen y sus comentarios y al MC Tanos Grayeb Del Alamo por las sugerencias al manuscrito.

Al H. Colegio de Profesores por las atenciones recibidas en los trámites durante el proceso de obtención de este grado académico.

Al personal del Laboratorio de Biología Experimental especialmente al MC Rodolfo Ramírez Sevilla por sus consejos y apoyo en la realización del trabajo. A la MC Dora E. Hernández Ceballos, al MC Martín Oscar Rosales Velázquez y a la MC Rebeca Rueda J. por proporcionarme material biológico de apoyo.

A todos mis amigos que me animaron para la finalización del trabajo, especialmente a Lucy, Marilú, Yesnia, Lorena y Pecero.

	Página
Glosario.	i
Lista de figuras.	iii
Lista de cuadros.	iv
Lista de anexos.	v
Resumen.	vii
Abstract.	viii
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- ANTECEDENTES	5
III.- JUSTIFICACIÓN	9
IV.- OBJETIVOS	11
V.- MATERIAL Y MÉTODOS	12
5.1. Procedencia del material biológico.	12
5.1.1. Acondicionamiento del material biológico.	12
5.1.2. Sistema cerrado de inducción al desove (SCID).	13
5.1.3. Condiciones del SCID.	14
5.1.4. Obtención de desoves.	15
5.1.5. Tratamiento del agua y desoves.	16
5.2. Efecto de la salinidad en la eclosión.	16
5.3. Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la sobrevivencia hasta eclosión.	17
5.4. Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la sobrevivencia de eleuteroembriones hasta absorción del vitelo.	18
5.4.1. Cálculo del porcentaje de sobrevivencia.	19
5.4.2. Talla al absorber el vitelo.	20
5.5. Efecto de la densidad de siembra inicial durante el periodo larvario.	20
5.5.1. Incubación de los huevos.	20
5.5.2. Transferencia y cultivo de larvas.	21
5.5.3. Alimentación durante el periodo larvario.	22
5.5.4. Registro de las condiciones del cultivo.	24
5.5.5. Obtención y tratamiento de las muestras.	25
5.5.6. Análisis estadísticos.	26
VI.- RESULTADOS	27
6.1. Efecto de la salinidad en la eclosión.	27
6.2. Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la eclosión.	28
6.2.1. Porcentaje de eclosión.	28
6.2.2. Tiempo de eclosión.	29

6.3. Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la sobrevivencia y crecimiento de eleuteroembriones hasta absorción del vitelo.	30
6.3.1. Tiempo de absorción del vitelo.	30
6.3.2. Sobrevivencia hasta absorción del vitelo.	32
6.3.3. Talla al completar la absorción del vitelo.	34
6.4. Efecto de la densidad de siembra inicial durante el periodo larvario.	35
6.4.1 Registro de parámetros.	35
6.4.2 crecimiento en longitud.	36
6.4.3. Crecimiento en peso.	38
6.4.4. Sobrevivencia.	41
6.4.5. Resumen de resultados	42
VII.- DISCUSIÓN	43
7.1. Efecto de la temperatura y la salinidad durante el desarrollo embrionario.	43
7.2. Porcentaje de eclosión.	45
7.3. Tiempo de eclosión.	46
7.4. Tiempo de absorción del vitelo.	48
7.5. Sobrevivencia hasta absorción del vitelo	49
7.6. Talla al absorber el vitelo.	50
7.7. Efecto de la densidad de siembra durante el periodo larvario	52
7.8. Crecimiento en longitud.	53
7.9. Crecimiento en peso.	54
7.10. Sobrevivencia	54
7.11. Registro de parámetros	57
VIII. – CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXO I	73
ANEXO II	76

GLOSARIO

Absorción.- Asimilación del material digerido a través de una membrana, en este trabajo asimilación del vitelo durante la fase de embrión y eleuteroembrión (Brett y Coves, 1979).

Aclimatación.- Proceso por el cual un organismo se adapta a nuevas circunstancias, por ejemplo a un cambio de temperatura o salinidad (Jobling, 2001).

Eclosión.- Proceso en el cual se rompe el corion que cubre el huevo y emerge el eleuteroembrión (Balon, 1984).

Factor abiótico.- Factor no vivo, que forma parte del medio de un organismo en esta caso temperatura y salinidad (Jobling, 2001).

Factor biótico.- Todo lo que es característico de los seres vivos o que se refiere a ellos. En este estudio, densidad larvaria en el cultivo. (Diccionario Esencial de las Ciencias, 2000).

Huevo.- Inicia cuando el ovocito es fecundado y termina en la eclosión (Balon, 1984).

Organogénesis.- Diferenciación de parte de un tejido en órganos distintos en el curso del desarrollo embrionario. (Diccionario Esencial de las Ciencias, 2000)

Periodo Embrionario.- Se divide en 3 fases (Balon, 1984).

Fase de segmentación: Comprende desde la fertilización del huevo hasta el comienzo de la organogénesis.

Fase de embrión: Inicia al cerrarse el blastoporo, caracterizado por una intensa organogénesis, la cual termina pocos momentos antes de la eclosión.

Fase de eleuteroembrión: Abarca desde el momento de la eclosión y termina cuando el vitelo es absorbido y el organismo es apto para la alimentación exógena.

Periodo Larvario- Se divide en 3 fases, que consideran como principal criterio el grado de flexión o torsión del notocordio, el cual se relaciona directamente con la talla de los organismos, manifestando cambios morfofisiológicos y de desarrollo de manera particular para cada especie (Kendall *et al.*, 1984).

Fase de preflexión: Comprende desde el nacimiento de la larva, mientras presenta un notocordio recto, ocurriendo eventos importantes como la pigmentación de los ojos, formación y apertura de la boca y del ano, absorción del vitelo y el inicio de la alimentación exógena, finaliza antes de iniciar la flexión del notocordio.

Fase de flexión: Es el intervalo de talla, que comprende desde que inicia hasta que concluye la flexión del notocordio.

Fase de postflexión: Inicia a partir de haberse completado la flexión del notocordio, hasta que los órganos presentan características y el aspecto de un juvenil.

Temperatura óptima.- Intervalo estricto de temperatura, dentro del cual los organismos de una especie, realizan determinadas funciones fisiológicas de la manera más eficaz (Castelló-Orvay, 1993).

Tiempo de eclosión.- Tiempo que transcurre a partir de la fecundación del óvulo hasta el momento en el cual el 50% de los huevos ha eclosionado (Kamler, 1992).

Vitelo.- Reserva alimenticia que le permite al embrión y eleuteroembrión sobrevivir durante el periodo de alimentación endógena (Matus-Nivón, 1994).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Componentes del Sistema Cerrado de Inducción al Desove (SCID).	13
Figura 2	Mecanismo para la obtención de los desoves por gravedad en el SCID.	15
Figura 3	Esquema que muestra la distribución homogénea de calor a través de un baño maría, en el sistema utilizado para los experimentos de eclosión.	17
Figura 4	Recipiente cilindro-cónico utilizado para la incubación del desove y mantenimiento de eleuteroembriones, previo a su siembra en los acuarios de cultivo.	21
Figura 5	Porcentaje de eclosión de los huevos de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> bajo diferentes condiciones de salinidad.	27
Figura 6	Efecto de la temperatura en el Tiempo de eclosión de los huevos de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad.	30
Figura 7	Efecto de la temperatura en el tiempo de absorción del vitelo en los eleuteroembriones de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> .	31
Figura 8	Efecto de la temperatura y la salinidad en la sobrevivencia de los eleuteroembriones de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> hasta absorción del vitelo.	32
Figura 9	Porcentaje de sobrevivencia de eleuteroembriones de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> hasta absorción del vitelo.	33
Figura 10	Efecto de la temperatura y la salinidad en la longitud notocordal de los eleuteroembriones de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> hasta absorción del vitelo.	34
Figura 11	Crecimiento de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> durante el periodo larvario a diferentes densidades de siembra.	37
Figura 12	Crecimiento de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> durante el periodo larvario aplicando el modelo exponencial.	38
Figura 13	Crecimiento en peso de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , durante el periodo larvario, a diferentes densidades de siembra inicial.	39
Figura 14	Crecimiento en peso de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , durante el periodo larvario, a densidad de siembra de 20 larvas/l.	39
Figura 15	Crecimiento en peso de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , durante el periodo larvario, a densidad de siembra de 40 larvas/l.	40
Figura 16	Crecimiento en peso de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , durante el periodo larvario, a densidad de siembra de 60 larvas/l.	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Condiciones prevalecientes en el SCID al inicio de cada experimento.	15
Cuadro 2	Secuencia y densidad de alimento durante la crianza larvaria de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> .	24
Cuadro 3	Valores promedios del porcentaje de eclosión de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad.	28
Cuadro 4	Tiempo de eclosión de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> a diferentes temperaturas en el intervalo de 30-40 ups.	29
Cuadro 5	Efecto de la temperatura y la salinidad en la absorción del vitelo de los eleuteroembriones de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> .	31
Cuadro 6	Porcentaje de sobrevivencia bajo las diferentes densidades de siembra inicial, durante el periodo larvario de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> .	41

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I

Cuadro A.- Análisis de varianza bifactorial con datos transformados (arcoseno) del porcentaje de sobrevivencia de huevos de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* hasta la eclosión a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad.

Cuadro B.- Análisis de varianza y regresión del porcentaje de sobrevivencia de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* desde huevo hasta absorción del vitelo.

Cuadro C.- Análisis de varianza bifactorial que involucra el efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la longitud notocordal de los eleuteroembriones de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Cuadro D.- Análisis de varianza para observar el efecto de la densidad de siembra y edad sobre la longitud patrón de las larvas de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Cuadro E.- Valores promedios de longitud total, longitud patrón y peso en especímenes de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* durante el intervalo de 4 a 29 días de edad.

Cuadro F.- Análisis de varianza para observar el efecto de la densidad de siembra y edad sobre el peso durante el periodo larvario de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Cuadro G.- Peso promedio de las larvas de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en tres densidades de siembra (20, 40 y 60 larvas/l).

ANEXO II

Figura A.- Valores promedios de la temperatura registrada durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).

Figura B.- Concentración de amonio total, registrada durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en las diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).

Figura C.- Concentración de amonio no ionizado registrada durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en las diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).

Figura D.- Concentración de nitritos registrada durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en las diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).

Figura E.- Concentración de oxígeno disuelto registrada durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en las diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).

RESUMEN

El material biológico utilizado en las diferentes fases experimentales llevadas a cabo en la presente investigación, procede del desove de reproductores de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, obtenidos en el laboratorio, bajo condiciones controladas de fotoperiodo y temperatura. Se probó el efecto combinado de la temperatura y salinidad durante el periodo embrionario, con el fin de determinar las mejores condiciones para la incubación de los huevos y la crianza en términos de crecimiento y sobrevivencia. En el primer experimento se probaron salinidades entre 10 a 50 ups, a 23 °C registrando una eclosión mayor al 90 % en el intervalo de 20 a 50 ups.

En el segundo diseño experimental se evaluó el efecto combinado de temperatura (20-32 °C) y salinidad (30-40 ups). Se detectó que la temperatura influye de manera significativa ($P > 0.001$) en la eclosión.

En el tercer experimento se evaluó la sobrevivencia de eleuteroembriones hasta la absorción del vitelo, con tratamientos combinados de temperatura (20–29 °C) y salinidad (30-40 ups). Se generó un modelo matemático $\text{arcoseno} \sqrt{\% \text{sobrevivencia}} = -137.45 - 3.591(S) + 23.75(T) - 0.4651(T)^2$. Según el modelo a 25.5 °C y 30 ups, desde la eclosión hasta el inicio del periodo larvario, se obtiene la mayor sobrevivencia (72.9%).

Se evaluó el efecto de la densidad de siembra durante el periodo larvario, manteniendo densidades de 20, 40 y 60 larvas/l, bajo las mejores condiciones de temperatura y salinidad registradas en el periodo embrionario. La crianza larvaria se realizó en acuarios de 140 l, alimentándolas con rotíferos *Brachionus plicatilis*, nauplios y copepoditos de *Pseudodiaptomus euryhalinus* además nauplios y adultos de *Artemia* sp. Se tomaron muestras cada 2 días, para posteriormente pesar y medir las larvas. El experimento finalizó al mes de edad, evaluando la sobrevivencia, la cual fue de 1.0 % en promedio.

No se observó diferencia significativa entre las 3 densidades de siembra, logrando una longitud patrón promedio de 18.15 mm al mes de edad. Para predecir el crecimiento larval se utilizó el modelo exponencial $Y = 1.77707 e^{0.0723 x}$. Con relación al peso de las larvas, se observó diferencia significativa ($P < 0.025$), siendo los mejores tratamientos a 20 y 40 larvas/l, con peso final de 185.4 mg y de 156.9 mg respectivamente al mes de edad.

ABSTRACT

The biological material used in the different experimental phases studied in this research was obtained from spawnings induced at the laboratory, under controlled condition of photoperiod and temperature. In order to determine the better conditions to incubate eggs of *Paralabrax maculatofasciatus* as well as the rearing in terms of growing and survival, the combined effect of temperature and salinity during this embrionic period was tested.

In the first experiment, nine salinity concentrations (10-50 ups) were tested at a fixed temperature of 23 °C. In the treatments of 20 and 50 ups, a hatching rate higher than 90% was observed.

In the second experiment the combined effect of temperature (20-32 °C) and salinity (30-40 ups) were tested. Temperature had a significative effect ($P > 0.001$) on the hatching.

In the third experiment survival of eleuteroembryons until total yolk-sac absorption was evaluated using combined treatment of temperature (20-29 °C) and salinity (30-40 ups). As result of this experiments a mathematic model was established $\arcsen\sqrt{\%sobrevivencia} = -137.45 - 3.591(S) + 23.75(T) - 0.4651(T)^2$ and we found that temperature of 25.5 °C and salinity of 30 ups were most favorable values since survival of 72.9% was obtained from the hatching to the beginning of the larval period. In order to evaluate the effect of the stocking density during the larval period we test densities from 20, 40 and 60 larvae/liter under the best conditions of temperature and salinity obtained from the embrionic period. Larvae were kept in aquariums of 140 l of capacity and fed with rotifers *Brachionus plicatilis*, naupli copepods *Pseudodiaptomus euryhalinus* and naupli and adults of *Artemia* sp. From day 4 and on we sample the larvae every two days in order to weight and measure. Them experiment was concluded after hatching (about a month) and final counting of larvae survival was estimated. The average survival percent was of 1.0%.

Relationship significant differences among the three densities used in the experiment. A exponential model of $Y = 1.77707 e^{0.0723 x}$ was obtained to predict the larval growth. Significant ($P < 0.025$) differences were obtained in the relations of the stocking density with age and weight of larvae. Best treatment were found at 20 and 40 larvae/l, with respective weights of 185.4 mg and 156.9 mg on the month of age.

I.- INTRODUCCIÓN

Uno de los países más avanzado en el desarrollo de la piscicultura marina es Japón, el cual a cultivado más de 88 especies (Fushimi, 2001). Entre las especies de mayor importancia cultivadas en este país podemos citar a *Seriola quinqueradiata* y *Pagrus major*, de las cuales se han obtenido producciones de 138,000 y 80,000 Ton en 1997 (FAO, 1997). Estos datos representaron aproximadamente el 56 y 32 % de la producción mundial de peces marinos durante el citado año. Sobre este mismo aspecto, en el Mediterráneo, la maricultura ha presentado un rápido avance, operando actualmente 490 unidades productoras en aproximadamente 11 países (Alpbaz *et al.* , 2001), en los cuales se han desarrollado los métodos de cultivo para especies como *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax*, *Scophthalmus maximus* e *Hippoglossus hippoglossus*. Durante el año de 1999 y bajo estos sistemas, se logró una producción de 450 millones de juveniles de *Sparus aurata* (Shields, 2001).

Para lograr que la piscicultura marina sea proveedora de alimento de alta calidad a partir de especies sobreexplotadas y/o de alto valor comercial es necesario desarrollar la tecnología capaz de producir larvas y juveniles de estas especies. Bajo este punto de vista en los mares del sureste asiático, algunas especies como *Pagrus major* han sido cultivadas obteniendo alentadores resultados, ya que en 1993 se produjeron mas de 20 mil toneladas de peces de talla comercial (FAO, 1997) y en 1995 la liberación de juveniles para repoblación alcanzó los 22 millones (Mihelakakis y Yoshimatsu, 1998). De igual manera en

Japón, se tiene el registro de una producción anual de 30 millones de juveniles de *Paralichthys olivaceus*, mismos que son utilizados tanto para cultivo como para repoblación (Kikuchi y Takeda, 2001).

Debido a la escasa información para el desarrollo del cultivo de peces marinos existentes en nuestros litorales, hace 13 años se iniciaron trabajos de investigación biológica con la cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus*, la cual se ha cultivado a nivel experimental en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), logrando obtener desoves espontáneos a través del control de la temperatura y el fotoperiodo (Rosales-Velázquez *et al.*, 1992). Avances como estos han permitido la producción tanto de huevos como de larvas de esta especie durante todo el año. De igual manera, en el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras en La Paz, Baja California Sur (CRIP-La Paz) se ha llevado a cabo el cultivo de *P. maculatofasciatus* hasta la etapa de engorda a partir de juveniles, tanto capturados en campo como producidos en el laboratorio, sin embargo, aún los conocimientos no son suficientes para establecer técnicas de producción masiva, ya que continúa presentándose una elevada mortalidad durante el periodo larvario.

Para establecer una tecnología para la producción de cualquier especie, deben contemplarse varios aspectos, como son costos de producción, aceptación al consumo y en el aspecto biológico el controlar la reproducción y producción de semilla para asegurar el abastecimiento de crías, evitando depender de la captura de crías en áreas naturales. Esto implica conocer tanto el efecto de los factores

bióticos (por ejemplo: alimento, densidad de siembra, depredación, conducta), como de los factores abióticos (por ejemplo: temperatura, salinidad, iluminación) sobre los organismos. Es importante mencionar que, además de la necesidad de conocer los efectos ya mencionados, un factor de suma importancia e indispensable de ser tomado en cuenta, en cualquier proyecto de este tipo, es el control adecuado de la calidad del agua, ya que esta permite optimizar la producción, disminuyendo la susceptibilidad de los peces a enfermedades.

Entre los factores que son considerados de mayor importancia en el desarrollo de cualquier especie, se encuentran precisamente aquellos que rigen la fisiología del organismo, como la temperatura que afecta la velocidad de las reacciones bioquímicas en organismos poiquilotermos, especialmente durante el periodo embrionario (Laurence y Howell, 1981). Mediante la aplicación de una tecnología apropiada de cultivo, y bajo el estricto control de factores como la temperatura, se ha observado que es posible influir sobre períodos o etapas críticas en el ciclo de vida de estos organismos (tiempo de eclosión, eficiencia de asimilación del vitelo, en el crecimiento y la tasa de alimentación) logrando de esta forma una tecnología de cultivo económicamente más atractiva (Blaxter, 1988; Fukuhara, 1990).

Además del control y regulación de la temperatura, es importante tener en cuenta que las variables no afectan de manera aislada en el organismo, por lo tanto, deben ser consideradas en su conjunto con otras variables como es el caso de la salinidad, ya que mantener a los organismos bajo un intervalo óptimo, es un factor que incide directamente en el gasto energético y por ende en el crecimiento

de las larvas (Laurence y Howell, 1981; Nielsen, 1994). Algunos autores, mencionan la importancia de estudiar a la par las dos variables mencionadas anteriormente, ya que durante el periodo embrionario el efecto de la salinidad esta en relación con la temperatura (Alderdice y Forrester , 1968; Walsh *et al.*,1991; Howell *et al.*, 1998; Mihelakakis y Yoshimatsu, 1998).

Existen numerosos trabajos que reportan la secuencia y características del desarrollo larvario de *Paralabrax maculatofasciatus*, sin embargo, es menor la cantidad de estudios que relacionan variables, como la temperatura, la salinidad y la densidad durante el periodo embrionario y larvario. El conocimiento de estas relaciones, es de primordial importancia, ya que durante el desarrollo inicial, se presentan cambios trascendentales en la fisiología y conducta del pez. Para evaluar el efecto de los factores bióticos y abióticos durante el desarrollo de los peces es indispensable registrar las variaciones de talla y peso en relación con la edad (Fukuhara, 1991).

De esta forma, desde 1973 Houde mencionó que antes de iniciar el cultivo de cualquier especie, se deben generar suficientes conocimientos básicos de la biología del organismo, que permitieran vislumbrar una viabilidad real en el desarrollo de las técnicas de cultivo y producción. Aún a la fecha se realizan aportaciones científicas y adecuaciones biotecnológicas, tendientes a mejorar el dominio de las técnicas de cultivo, para las especies que se han logrado cultivar con rentabilidad.

II.- ANTECEDENTES

La mayoría de los estudios en el cultivo de peces marinos de la familia Serranidae, permanece en la fase de experimentación y son pocos las especies en las cuales se ha logrado alcanzar la fase piloto o comercial, entre las que se encuentran *Epinephelus malabaricus*, *Epinephelus striatus* y *Plectropomus leopardus* (Tucker, 1998) además *Epinephelus tauvina* y *Epinephelus akaara* en que se ha logrado establecer la tecnología de su cultivo a nivel comercial en la región asiática (Pillay, 2001).

Tratando de hacer más rentable la producción de las especies se ha realizado estudios para ver los efectos de diversas variables en el cultivo, sobre todo durante los primeros periodos de vida. Con relación a las variables que se estudiaron en el presente trabajo, existen reportes similares con otras especies de la familia Serranidae. Para *Epinephelus striatus*, Watanabe *et al.* (1995) estudiaron el efecto de la temperatura durante el periodo embrionario, mientras que Watanabe *et al.* (1996), desarrollaron estudios sobre el régimen alimenticio durante el periodo larvario hasta obtener datos preliminares sobre su cultivo a escala piloto. Akatsu *et al.* (1983), experimentaron con un amplio intervalo de salinidad y temperatura en larvas de *E. tauvina*. Chao *et al.* (1993) lograron una sobrevivencia del 10 %, para *E. fuscoguttatus* al término del periodo larvario. En una revisión que realizó Tucker (1994) sobre la familia Serranidae, mencionó que dada las características que presentan algunas de las especies, como la obtención de sus desoves con relativa facilidad, buena tasa de crecimiento y

conversión alimenticia, colocan a estas especies como buenos candidatos para la acuacultura, mencionando que la única limitante es la sobrevivencia tan variable que se presenta durante la crianza larvaria.

Como podemos observar, existen numerosos estudios sobre esta familia que se han realizado en especies de otras latitudes. En México destacan por su interés pesquero especies de la familia, en la región del Pacífico se encuentran, *Epinephelus itajara*, *Epinephelus analogus*, *Epinephelus labriformis* y *Paralabrax maculatofasciatus*, mientras que en Golfo de México se encuentran *Epinephelus flavolimbatus*, *Epinephelus niveatus*, *Epinephelus drummondhayi*, *Mycteroperca bonaci*, *Mycteroperca phenax*, *Mycteroperca rubra* y *Mycteroperca tigris* (Secretaría de Pesca, 1994).

Con relación a la distribución geográfica de la cabrilla *arenera Paralabrax maculatofasciatus* habita en el Pacífico desde California Central (E.U.A) a Cabo San Lucas B. C. S. y dentro del Golfo de California hasta Mazatlán, Sinaloa, México (Miller y Lea, 1972). Se considera euritérmica debido a que tolera temperaturas extremas de 32 °C hasta 7.5 °C, no obstante deja de alimentarse. (Thomson y Lehner, 1976, citado en Thomson *et al.*, 2000).

En condiciones de laboratorio, se ha logrado mantener lotes de adultos, obteniendo desoves a diario por medio del control de la temperatura y fotoperiodo, con una viabilidad mayor del 90 % (Rosales-Velázquez *et al.*, 1992; Rosales-Velázquez, 1997).

Para el periodo embrionario de la cabrilla arenera, se cuenta con investigaciones sobre el efecto de la temperatura en el crecimiento de eleuteroembriones y larvas. Rodríguez-Salinas *et al.* (2003), encontraron una relación directa de la velocidad del consumo del vitelo con respecto al aumento de la temperatura y la mayor talla del eleuteroembrión a baja temperatura (20 °C). Experimentando con la misma variable pero en condiciones de inanición Laborín-Rodríguez y Ramírez-Sevilla, (1995), presentan un modelo para determinar la talla al inicio del periodo larvario, siendo a 23 °C donde se presentaron eleuteroembriones de mayor talla, tanto al eclosionar como antes de morir de inanición.

Para el periodo larvario Martínez-Díaz *et al.* (2001), mantuvieron las larvas en un sistema de cultivo similar al utilizado en este estudio y encontraron una sobrevivencia del 5.3 % al día 17 después de la eclosión. Por su parte Avilés-Quevedo *et al.* (1995) encontraron sobrevivencias del 2.5% y Contreras-Olguín *et al.*(1997), reportan valores de 3.5 a 7.8%, ambos estudios en larvas de 30 días de edad.

Respecto a la densidad de siembra, Álvarez-González *et al.* (2001) evaluaron el efecto de esta variable en larvas de *P. maculatofasciatus*, en un sistema de circulación cerrado, encontrando el mayor crecimiento (15.98 mm LP) y sobrevivencia (11.1%) a una densidad de 50 ind/l.

En otros experimentos durante el periodo larvario también se han realizado estudios preliminares sobre la aceptación al suministrar dietas

preparadas desde los 25 a 45 días de edad, utilizando una densidad de siembra de 74 larvas/l, logrando sobrevivencias de 2.23 % en promedio (Anguas-Vélez *et al.*, 2000). Peña-Martínez (2000) mantuvo una densidad de siembra de 150 larvas/l, observando un crecimiento exponencial de las larvas hasta los 30 días de vida y determinó que las larvas a una talla de 9.3 mm LT, desarrollan todas las estructuras y funciones del tubo digestivo, presente en juveniles y adultos, esto puede ser a partir del día 16 después de la eclosión.

Anguas-Vélez, (2001) estudió el efecto de la temperatura (24-30 °C) y la densidad de cultivo (8 y 12 individuos/30 l) en el periodo juvenil, reportando sobrevivencia del 96 al 100 % en 40 días que duró el experimento, el peso final fue de 7.8 g en el mejor de los tratamientos. Posteriormente ya en la etapa de preengorda, Grayeb del Alamo (2001) evaluó el crecimiento y la sobrevivencia de la especie en jaulas flotantes, a 3 densidades de siembra a partir de juveniles producidos en el laboratorio, recomendando una densidad de 70 ind/m³.

Como consecuencia del interés científico y tecnológico que se ha generado por la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, se han elaborado dos manuales sobre su biología y cultivo, donde se detalla la producción de larvas hasta la engorda en jaulas flotantes así como aspectos de alimentación, cultivos de apoyo, enfermedades y tratamientos (Cadena-Roa y Roldan-Liebenson; 1994; Avilés-Quevedo *et al.*, 1995).

III.- JUSTIFICACIÓN

Las experiencias obtenidas en más de 20 años de estudios e investigaciones en la línea de biología del desarrollo temprano de peces marinos, en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), se ha logrado criar y describir las fases del periodo embrionario, larval y juvenil de diversas especies, (incluyendo a *Paralabrax maculatofasciatus*), permitiendo al grupo de investigadores involucrados marcar una referencia fundamental para plantear el cultivo de peces marinos a escala experimental.

Considerando que la producción larvaria es el cuello de botella de todos los cultivos, Matus-Nivón *et al.* (1990), evaluaron el potencial de cultivo de 8 especies, con base a su crecimiento, sobrevivencia, conducta y resistencia a la manipulación entre otros aspectos, encontrándose que la cabrilla presentó características que la situaron como un organismo accesible a realizar estudios sobre su desarrollo y conducta, contribuyendo a despertar el interés por reconocer las condiciones para el desarrollo de su cultivo.

Un factor de interés adicional, es que esta especie ha sido considerada como susceptible de cultivo por investigadores del noroeste del país (Matus-Nivón *et al.*, 1990; Avilés-Quevedo e Iizawa, 1993) aún haciendo falta información respecto al desarrollo comercial de su cultivo. A pesar de los estudios existentes con *P. maculatofasciatus*, aún no se logra la producción de juveniles de manera piloto-comercial, significando un problema, debido a la

elevada mortalidad larvaria. Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se ha enfocado al aporte de estudios básicos para el mejor manejo del cultivo de esta especie, reconociendo los niveles de afectación de variables bióticas y abióticas en la fisiología de huevos y larvas, que permitirán establecer las condiciones adecuadas para su cultivo, favoreciendo la optimización de los insumos para generar una producción controlada de peces.

Al considerar a la temperatura, la salinidad y la densidad de siembra, como variables que afectan la viabilidad y el desarrollo de los peces en las etapas iniciales de su cultivo, se realizaron una serie de experimentos con huevos, eleuteroembriones y larvas de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

IV.- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones adecuadas de temperatura, salinidad y densidad de siembra, durante el cultivo inicial de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la sobrevivencia y el Tiempo de eclosión de los huevos, incubados a diferentes condiciones de temperatura y salinidad.

- Evaluar la sobrevivencia, el tiempo y la talla al momento de la absorción del vitelo de los eleuteroembriones, bajo un intervalo menor de las variables de temperatura y salinidad determinadas en la fase anterior.

- Realizar la crianza larvaria a tres densidades iniciales de siembra, manteniendo las condiciones mas adecuadas de temperatura y salinidad detectadas en el periodo embrionario.

V.- MATERIAL Y MÉTODOS

Procedencia del material biológico

Captura de reproductores

Los reproductores de *Paralabrax maculatofasciatus* fueron capturados en la Bahía de La Paz, Baja California Sur., México en junio de 1994, mediante línea y anzuelo, colocándolos inmediatamente en tinas con agua de mar y posteriormente se trasladaron al laboratorio de Biología Experimental del CICIMAR-IPN.

Acondicionamiento y distribución en el laboratorio

Los reproductores fueron colocados en agua dulce durante 10 minutos, como medida profiláctica contra ectoparásitos, según lo propuesto por (Roberts, 1978, citado en Baynes *et al.* 1993). Posteriormente los reproductores permanecieron en tanques de 1000 l por un periodo de cuarentena de 21 días, se alimentaron con trozos de mojarra.

Posteriormente se determinó el sexo de cada organismo, presionando ligeramente el abdomen. Observando en el caso de los machos la expulsión de semen, si esto no se presentó, se procedió a canular mediante un catéter de polietileno de 1.2 mm de diámetro, previamente pasado por glicerina, suavemente se introdujo por el poro genital una longitud aproximada de 2.5 cm. Al ir retirando el catéter se succiona ligeramente para obtener muestras de

ovocitos para su observación al microscopio estereoscópico y determinar si realmente se trataba de ovocitos.

Se conformaron 4 grupos de 10 individuos con una proporción sexual 1:1 por tanque.

Sistema cerrado de inducción al desove.

Los peces fueron mantenidos en un sistema consistente en cuatro tanques cilíndricos de fibra de vidrio con capacidad de 1100 l cada uno y cuatro acuarios de 100 l (Figura 1)

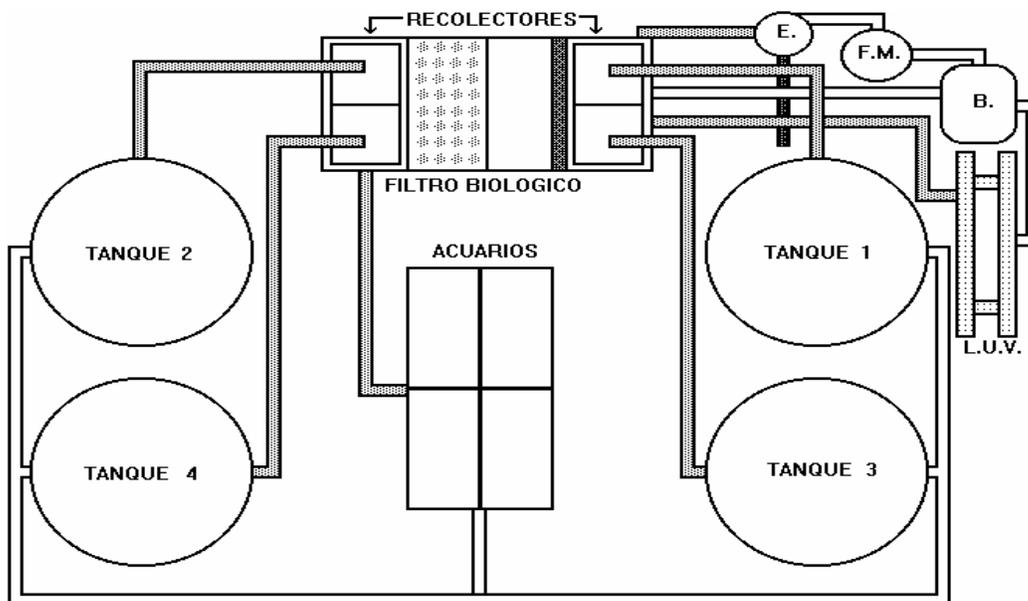


Fig. 1. - Componentes del Sistema Cerrado de Inducción al Desove (SCID): Espumador (E), Filtro Mecánico (FM), Bomba (B) y Sistema de Luz Ultravioleta (LUV). El punteado en los tubos indica el agua que drena en el SCID. Se observa que el agua de los tanques va directamente a los recolectores ubicados en el filtro biológico. (Tomado de Rosales-Velázquez, 1997).

El sistema de desagüe fue por rebosamiento a través de un tubo central de los tanques hasta la parte superior del filtro biológico. El flujo fue de 20

l/min, permitiendo un recambio del 100 % cada hora, lo que mantuvo una adecuada calidad de agua. Posteriormente el agua drenada se dirigió a un sistema de filtración, que en su primera etapa consistió de un filtro biológico de 2 niveles, conteniendo biosferas en la parte superior. Como sustrato para fijación de bacterias se colocaron costales con tubos de porcelana, además de las biosferas. En la parte inferior del filtro se pusieron fragmentos de aragonita (coral) para estabilizar el pH y filtros de hule espuma para realizar el prefiltrado.

La recirculación de agua se logró mediante una bomba de $\frac{3}{4}$ HP, del nivel inferior del filtro biológico hacia un filtro mecánico de cartuchos de 16 μm , de donde se deriva en 3 salidas, una parte al espumador de albúminas, la otra a las lámparas de luz ultravioleta, siendo recuperada por la bomba en la parte inferior del filtro biológico. La tercer salida distribuye agua a los tanques y acuarios (Rosales-Velázquez, 1997).

Condiciones del SCID

Para inducir a la maduración gonádica, se mantuvieron condiciones de fotoperiodo de 13:11 horas luz: oscuridad, una temperatura de 23 a 25 °C y salinidad de 30 a 35 ups (Rosales-Velázquez, 1997), alimentando a los reproductores con juveniles enteros de mojarra.

Bajo estas condiciones, se lograron obtener huevos regularmente, cuyos desoves ocurren durante la transición del apagado paulatino de las luces, simulando en cierta medida el atardecer.

Cuadro No. 1 Condiciones que prevalecieron en el SCID al inicio de cada uno de los experimentos

	EXP. 1	EXP.2	EXP. 3	EXP.4
Temperatura	23 °C	24.5 °C	23 °C	26 °C
Salinidad	35 ups	35 ups	30 ups	35 ups

Obtención de desoves

Los huevos de *P. maculatofasciatus* tienen una flotabilidad positiva, son esféricos y presentan un glóbulo de aceite. La recolecta de los huevos, se realizó a través del flujo de rebose a la salida de cada tanque hasta los recolectores, ubicados en la parte superior del filtro biológico y provistos de malla de 500 μm (Figura 2).

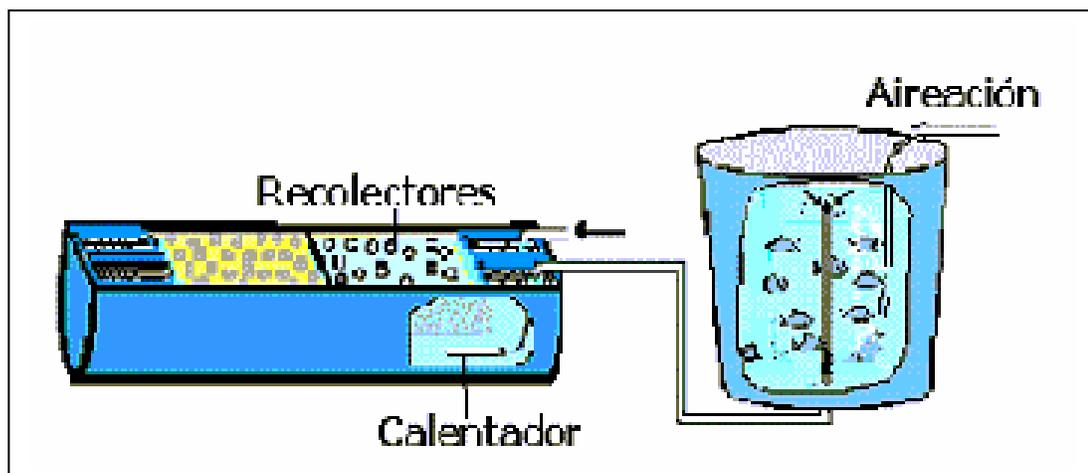


Figura 2.- Mecanismo para la obtención de los desoves por gravedad en el SCID.

El desove más abundante se sacó del recolector y se colocó en un frasco con agua hipersalina (40-45 ups) a la misma temperatura del desove, para favorecer una mayor flotabilidad de los huevos viables y el hundimiento de huevos no viables, extrayendo estos últimos por medio de un sifón. Inmediatamente, los huevos viables son filtrados y resuspendidos en agua de

mar limpia. En este momento fueron destinados a los experimentos de temperatura y salinidad o para su incubación en tolvas cónicas con propósitos de crianza larvaria.

Tratamiento del agua y desoves

El agua de mar utilizada en todos los experimentos, se filtró a través de un cartucho de 16 μm y fue irradiada con luz ultravioleta (Aquanetics, mod.Q2401L).

Como medida profiláctica, en los experimentos en los cuales se trabajó con huevos, se dio un baño permanente de estreptomicina (100 mg/l) (Álvarez-Lajonchere y Hernández-Molejón, 1994) tanto en los frascos como en las incubadoras.

Experimento 1. - Efecto de la salinidad en la eclosión

Para conocer el intervalo de tolerancia a la salinidad, se contaron al microscopio estereoscópico lotes de 50 huevos recién fertilizados y colocándolos a salinidades de 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 ups evitando el choque osmótico, al variar la salinidad a razón de 2.5 ups por hora.

Se utilizaron recipientes con 700 ml de agua, sumergidos en baño maría a 23 °C (Figura 3), considerando dos réplicas por tratamiento.

La determinación del porcentaje de eclosión, se obtuvo contabilizando los eleuteroembriones previamente fijados en formol al 4 %.

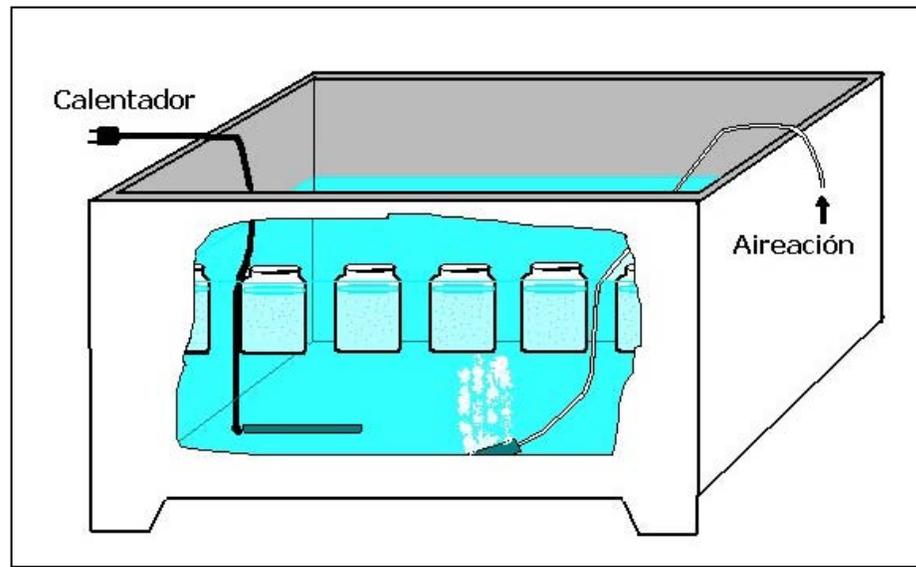


Figura 3. - Esquema que muestra la distribución homogénea de calor a través de un baño maría , en el sistema utilizado para los experimentos de eclosión

Experimento 2. - Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la eclosión

En el diseño experimental utilizado en el primer experimento se observó que en un intervalo de 15 a 50 ups no existieron diferencias significativas en el porcentaje de eclosión, por lo que se decidió trabajar con valores de 30, 35 y 40 ups, que son similares a las encontradas en el ambiente, asimismo se amplió el intervalo de temperaturas a experimentar.

Los huevos fueron mantenidos en frascos de vidrio con 700 ml de agua, colocados en baño maría previamente acondicionados a las temperaturas a experimentar (20, 23, 26, 29 y 32 °C), considerando 3 réplicas por tratamiento. Con el fin de mantener la temperatura del baño maría constante se utilizó un calentador sumergible de 300 watts (Visitherm), por cada tanque, manteniendo

la distribución homogénea del calor mediante el suministro de aireación continua.

Los huevos fertilizados fueron acondicionados mediante cambios graduales de salinidad, como se describió anteriormente. De manera similar se evitó el choque térmico por medio de un acondicionamiento previo de los lotes de 50 huevos, colocados en cajas de petri y estas a su vez en baño maría por espacio de 2 horas por cada grado de temperatura. Después de este tiempo, se colocaron en el interior de los frascos para seguir su desarrollo.

Durante todo el experimento, las muestras se mantuvieron con iluminación continua mediante lámparas fluorescentes de 60 watts.

El experimento finalizó al momento de la eclosión de los huevos, en cada uno de los recipientes, momento en el cual se anestesiaron los eleuteroembriones con quinaldina y se fijaron con formol al 4% para su cuantificación posterior.

Experimento 3.- Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la sobrevivencia y crecimiento de eleuteroembriones hasta absorción del vitelo

De acuerdo a los resultados del experimento anterior, fueron seleccionados aquellos tratamientos de temperatura y salinidad donde se obtuvieron adecuados porcentajes de eclosión. De esta forma, se mantuvieron los valores de salinidad (30, 35 y 40 ups) y para el caso de la temperatura se decidió experimentar a 20, 23, 26 y 29 °C, excluyendo el tratamiento de 32 °C,

ya que en el experimento anterior se obtuvo una elevada mortalidad. Se trabajó con 3 réplicas por tratamiento.

Previo al inicio de este experimento, se acondicionaron los recipientes de vidrio con 3 litros de agua a las condiciones experimentales, seleccionando lotes de 100 huevos aclimatándolos de acuerdo al procedimiento ya descrito. La iluminación fue continua durante todo el experimento

Este experimento concluyó hasta la absorción del vitelo, verificándolo a través de observaciones periódicas al microscopio estereoscópico, considerando ciertos criterios indicadores de la finalización de este proceso como son: absorción del glóbulo de aceite, ojos totalmente pigmentados, apertura del ano y boca funcional. Cuando esto ocurrió, se contaron las larvas vivas para estimar la sobrevivencia en cada uno de los tratamientos y posteriormente se fijaron con formol al 4%, para medir su longitud notocordal.

Cálculo de la sobrevivencia hasta absorción del vitelo

Dado que se realizaron fijaciones periódicas, las estimaciones de sobrevivencia obtenidas fueron corregidas mediante la siguiente ecuación:

$$SC = \frac{A * 100}{B - C}$$

Donde:

SC = Sobrevivencia corregida

A = Número de eleuteroembriones vivos al final del experimento

B = Número inicial de huevos

C = Número de eleuteroembriones fijados

Talla al absorber el vitelo

Posteriormente, se determinó la longitud notocordal de 12 eleuteroembriones por cada réplica, mediante la utilización de un microscopio estereoscópico (Zeiss mod.475052-990 West Germany) equipado con un micrómetro.

Experimento 4.- Efecto de la densidad de siembra inicial durante el periodo larvario

Incubación de los huevos

Los huevos se obtuvieron del SCID aproximadamente 12 horas después del desove, separando los huevos viables mediante el procedimiento descrito anteriormente. El desove fue colocado en dos incubadoras cilindrocónicas de fibra de vidrio de 120 litros de capacidad, provistas de termostatos, aireación de fondo y de una manguera de 8 mm de diámetro para desagüe (Figura 4). Para eliminar los huevos muertos y desechos orgánicos, la aireación se suspendió momentáneamente y a través de una manguera fueron expulsados por el fondo de la incubadora. Los huevos y eleuteroembriones se mantuvieron durante 60 horas, sin recambio, bajo condiciones de iluminación continua a temperatura de 25.5 °C y salinidad de 30 ups, con una densidad de 400 huevos / litro.

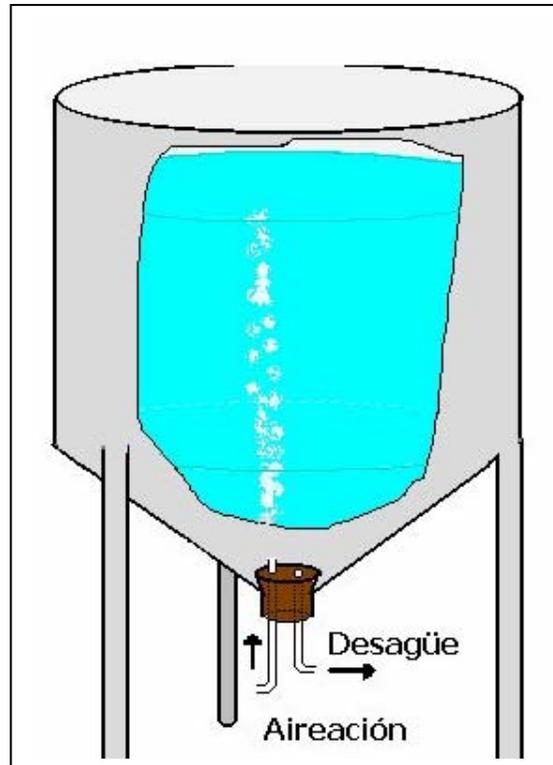


Figura 4.- Recipiente cilindro-cónico utilizado para la incubación del desove y mantenimiento de eleuterioembriones, previo a su siembra en los acuarios de cultivo.

Transferencia y cultivo de larvas

La transferencia de eleuterioembriones de la incubadora a los acuarios, se realizó momentos antes de completar la absorción del vitelo e iniciar la alimentación exógena. Los acuarios utilizados fueron de vidrio, de forma rectangular (45 cm de altura, 28 cm de ancho y 110 cm de largo), con un volumen de 140 litros. Esta fase experimental fue realizada por triplicado.

Se evaluó la densidad de las larvas, homogeneizando suavemente el volumen de agua antes de extraer 3 muestras de 300 ml, las cuales fueron fijadas en formol (4%) y contabilizadas mediante un microscopio estereoscópico.

Con base en la densidad presente en la incubadora y la requerida por acuario, se extrajo el volumen correspondiente en recipientes graduados para ajustar a 20, 40 y 60 larvas /litro de siembra inicial.

El seguimiento del cultivo larvario se llevo a cabo hasta los 29 días, bajo las condiciones óptimas de temperatura (25.5°C) y salinidad (30 ups) obtenidas durante el periodo embrionario. Durante esta fase del cultivo, se suministro aireación y se mantuvo la iluminación constante, proporcionada por focos de luz blanca.

Alimentación durante el periodo larvario

El suministro de alimento vivo (microalgas, rotíferos, copépodos y copepoditos), fue proporcionado por el personal del laboratorio de Biología Experimental, en donde son cultivados bajo técnicas desarrolladas por los propios investigadores responsables (Rueda-Jasso, 1996; Hernández-Ceballos y Martínez-Díaz, 2001;)

Para mantener la calidad del agua en los acuarios, se agregó la microalga *Nannochloris sp* en una concentración de 6×10^5 cel/ml hasta el día 11 y de 8×10^5 cel/ml, del día 12 hasta el final del experimento (Cuadro No. 2).

Para evaluar la concentración de microalgas, rotíferos y nauplios de *Artemia* remanentes, se realizaron cuentas diarias por la mañana, tomando una muestra de 300 ml de cada acuario, recorriendo con un sifón la columna de agua y pasándola por un tamiz de 20 micras y concentrándola en un volumen

de 20 ml. Con base a los valores remanentes se procedió al ajuste de densidades de alimento, agregando microalgas y rotíferos (Cuadro No.2)

El régimen alimenticio que se utilizó, presento variantes de los aplicados en el laboratorio para otras especies (Matus-Nivón *et al.*, 1989; Ortiz-Galindo *et al.*, 1990; Ramírez-Sevilla, 1994), con base en experiencias generadas en el mismo laboratorio.

Las larvas de cabrilla arenera fueron alimentadas desde el día 2 con el rotífero *Brachionus plicatilis*, cultivado con *Nannochloris* sp. El suministro fue a una misma densidad de acuerdo al remanente no consumido.

El copépodo calanoideo *Pseudodiaptomus euryhalinus* fue alimentado con la microalga *Tetraselmis suecica* y se suministró en sus diferentes estadios como nauplios, copepoditos y adultos (Payán-Aguirre, 1994 y Osorio-Galindo, 1998), desde el día 8 al 18.

Los nauplios de *Artemia* utilizados se obtuvieron mediante la eclosión de quistes (San Francisco E.U.A), siendo enriquecidos posteriormente con solución Selco, además de juveniles y adultos de *Artemia* obtenidos tanto de la salina de San Juan Nepomuceno (Bahía de La Paz, B.C.S) como producidos en tanques a la intemperie. Estos fueron alimentados con la microalga *Tetraselmis suecica*.

El suministro de microalgas, rotíferos y copéodos se realizó una vez al día (9:00 AM), mientras que la *Artemia* fue suministrada 2 veces al día (9:00 AM y 5:00 PM) (Cuadro No. 2).

Cuadro No 2. Secuencia y densidad de alimentación durante la crianza larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Edad larvaria	Microalga Cel-/ml	Rotíferos (org/ml)	Copépodos (org/ml)	Nauplios de Artemia (org/ml)	Artemia Adulta
2	6 X 10 ⁵	2.4			
3	"	4.0			
4	"	5.0			
5-7	"	7.0			
8	"	8.0	0.1 n		
9	"	8.0	0.5 n		
10	"	8.0	"		
11	"	8.0	1.0 n		
12	8 X 10 ⁵	8.0	"		
13	"	8.0	0.9 cp		
14-15	"	8.0	"		
16	"	8.0	1.2 cp		
17	"	8.0	0.2 cp	0.5*	
18	"	10.0	0.4 cp	0.4*	
19	"	8.0		0.25*	
20	"	5.0		0.25*	As
21-22	"	5.0		1.25*	As
23	"	5.0		1.0*	As
24	"			0.76*	As
25	"			1.4*	As
26	"			0.9*	As
27-28	"			1.0*	As
29-33	"				As

* = Enriquecidos con solución selco

n = nauplios

cp = copepoditos

As = A saciedad

Registro de las condiciones del cultivo

En las primeras dos semanas se hicieron recambios parciales del 10 % de agua y a partir de la tercera semana se realizaron recambios del 25 % diariamente. A partir del día 12 se extrajeron por medio de un sifón los desechos y organismos muertos del fondo de los acuarios, dos veces por semana.

Diariamente, se registraron los parámetros de temperatura y oxígeno disuelto mediante un oxímetro (YSI modelo 58) con precisión de 0.1 °C y 0.01

mg/l respectivamente y la salinidad con un refractómetro con precisión 0.5 ‰ (Aquafauna).

Para determinar la concentración de amonio y nitritos se emplearon técnicas colorimétricas de uso comercial (Hatch).

Obtención y tratamiento de las muestras

A partir del día 4, se tomaron muestras cada 2 días, seleccionando aleatoriamente 5 larvas por acuario, anestesiándolas con metilsulfonato de tricaina (MS 222 0.075 g/l), con la finalidad de prevenir el encogimiento, posteriormente se preservaron con formol al 4%.

Los organismos se pesaron en balanza Sartorius con precisión de 0.1 mg, en el caso de los días 4 y 6 de muestreo, el resultado es el promedio de la suma de la cinco larvas por acuario, ya que la balanza no detectó el peso individual de cada uno de los organismos. Para determinar las mediciones de longitud total, longitud patrón y altura máxima de manera correcta, se realizaron con un microscopio estereoscópico provisto de un micrómetro o utilizando un Vernier para el caso de organismos de mayor talla.

Al mes de cultivo se dio por concluido este experimento, realizando una cuenta final de las larvas para evaluar el porcentaje de sobrevivencia.

Análisis estadístico

Para evaluar el porcentaje de eclosión y sobrevivencia, los datos generados fueron transformados aplicando la función arcoseno (dividiendo el valor del porcentaje entre 100, aplicando raíz cuadrada y posteriormente la función seno) y a los valores de peso y longitud, se aplicó logaritmo natural, debido a que no se ajustaron a una distribución normal. Posteriormente se aplicó la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianza y cuando cumplían el supuesto de homocedasticidad se aplicó un análisis de varianza, en caso contrario se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Sokal y Rolph, 1981; Zar, 1996).

Para obtener los valores óptimos de temperatura y salinidad en la sobrevivencia, hasta la absorción del vitelo, primero se obtuvo por regresión múltiple el valor de las constantes ($a = -137.45$, $b = -3.591$, $c = 23.75$, $d = -0.4651$) y posteriormente se obtuvieron los valores máximos de la ecuación aplicando derivadas parciales (Saenz-Quiroga, 1981).

Para analizar el factor de condición de las larvas en cada uno de los tratamientos, se aplicó la siguiente fórmula.

$$K = \frac{P_t}{L_t^3} \times 100$$

Donde:

K = Factor de condición.

P_t = Peso promedio de los peces al tiempo t.

L_t = Longitud promedio de los peces al tiempo t.

VI.- RESULTADOS

PERIODO EMBRIONARIO

Experimento 1.- Efecto de la salinidad en la eclosión

Para evaluar la reproducibilidad de los resultados obtenidos, se realizó un contraste entre las réplicas consideradas mediante la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, concluyendo que no existe diferencia significativa entre ellas ($P < 0.05$). Con base en este resultado, se decidió presentar gráficamente el valor promedio de las réplicas como dato representativo de este experimento. Mediante esta misma técnica de contraste, se compararon los tratamientos, encontrándose que la salinidad de 10 y 15 ups afectaron significativamente el porcentaje de eclosión.

La mayoría de los tratamientos presentaron porcentajes de eclosión superiores al 90%, a excepción de 15 y 10 ups donde se obtuvo un promedio de 86 % y 10.5 % respectivamente (Figura 5).

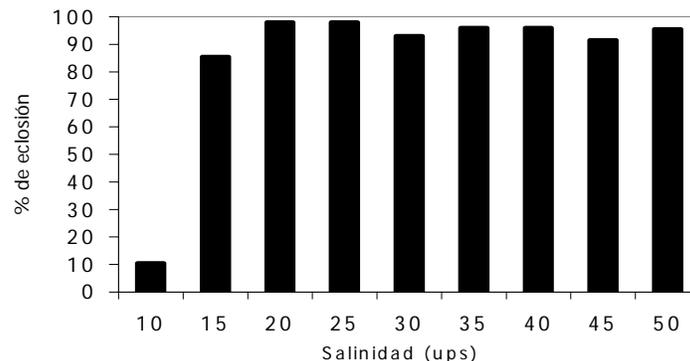


Figura 5.- Porcentaje de eclosión de los huevos de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* bajo diferentes condiciones de salinidad.

Experimento 2. Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la eclosión

Porcentaje de eclosión

Al aplicar un análisis de varianza bifactorial sobre los datos transformados (mediante el método del arcoseno) se apreció dentro del intervalo de salinidad probado (30-40 ups), únicamente la temperatura tuvo un efecto significativo sobre la eclosión, (Anexo I, Cuadro A). Esto se evidencia al observar elevados porcentajes de eclosión en el intervalo de 20 a 29 °C con valores superiores al 95%, no obstante los tratamientos de salinidad probada a 32 °C, solo presentaron un máximo del 20 % de eclosión (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Valores promedio del porcentaje de eclosión de *Paralabrax maculatofasciatus* a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad.

SALINIDAD (ups)	20°C	23°C	26°C	29°C	32°C
30	99.7	96.7	97.0	94.3	19.7
35	97.7	95.7	98.0	99.0	20.0
40	98.0	92.0	97.7	97.0	16.3
Promedio	98.4	94.8	97.5	96.7	18.6

Basándonos en la definición del porcentaje de eclosión, valores menores del 50 % se consideran como eclosión no viable, razón por la cual no se reporta el tiempo de eclosión para los tratamientos sometidos a 32 °C.

Tiempo de eclosión

Los registros de tiempos de eclosión, fueron de 35, 24, 19 y 17 horas para las temperaturas de 20, 23, 26 y 29 °C, respectivamente (Cuadro 4). Estos tiempos fueron iguales en el intervalo de 30-40 ups.

Cuadro 4. -Tiempo de eclosión de *Paralabrax maculatofasciatus* a diferentes temperaturas.

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE ECLOSIÓN (HORAS)
20	35
23	24
26	19
29	17

La figura 6 muestra el ajuste lineal múltiple de los datos obtenidos, donde se encontró que la ecuación que interpreta mejor el efecto de la temperatura en el tiempo de eclosión esta representada por el siguiente modelo exponencial ($R^2 = 0.94$)

$$Y = 162.03e^{-0.8x}$$

(

Donde :

Y = Tiempo de eclosión en horas

X = Temperatura (°C)

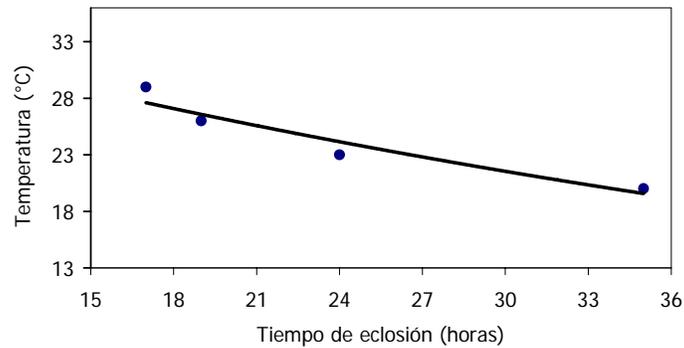


Figura 6.- Efecto de la temperatura en el Tiempo de eclosión de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Se apreció que el tiempo de eclosión de los huevos presenta una relación inversamente proporcional con el aumento de la temperatura, de un valor máximo de 35 horas a 20 °C hasta un valor inferior de 17 horas cuando la temperatura se eleva a 29 °C.

Experimento 3.- Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la sobrevivencia y crecimiento de eleuteroembriones hasta absorción del vitelo.

Tiempo de absorción del vitelo.

De manera similar a como se determinó el tiempo de eclosión, se diseñó un experimento para determinar el tiempo al cual se presentó la absorción del vitelo bajo temperaturas diferenciales (20, 23, 26 y 29 °C) y salinidades (30, 35 y 40 ups). Esto ocurre a las 63, 58, 54 y 52 horas después de la eclosión, para los tratamientos respectivos (Cuadro 5; Figura 7). Estos resultados corresponden únicamente a los tratamientos mantenidos a 30 ups, los cuales presentaron sobrevivencia mayor del 50% hasta absorción del vitelo.

Cuadro 5.- Efecto de la temperatura en la absorción del vitelo de los eleuteroembriones de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en el intervalo de 30-40 ups.

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE ABSORCIÓN DEL VITelo (HORAS)
20	63
23	58
26	54
29	52

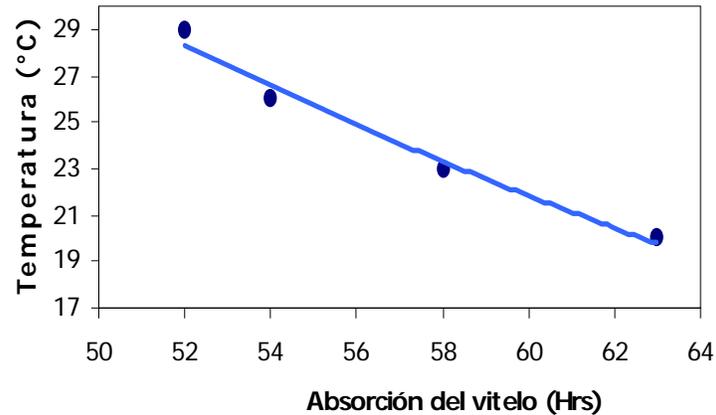


Figura 7.- Efecto de la temperatura en el tiempo de absorción del vitelo en los eleuteroembriones de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Estos resultados, sugieren que a medida que se incrementa la temperatura, el eleuteroembrión consume el vitelo en menor tiempo y al igual que para el tiempo de eclosión, se ajusta en buena manera ($R^2 = 0.97$) al modelo exponencial al relacionarla con la temperatura.

$$Y = 96.009e^{-0.0216X}$$

Donde:

Y = Tiempo de absorción del vitelo (horas)

X = Temperatura (°C)

Sobrevivencia hasta absorción del vitelo

El análisis de varianza y regresión indica que la temperatura y la salinidad tienen un efecto significativo en la sobrevivencia desde huevo hasta absorción del vitelo (Anexo I, Cuadro B).

Se observó una tendencia a presentar un mayor porcentaje de sobrevivencia hasta absorción del vitelo (58-77 %), en los tratamientos con salinidad de 30 ups en todas las temperaturas experimentadas, siendo el tratamiento de 30 ups a temperatura de 23 °C el que generó las mejores sobrevivencias con valor de 77 % (Figura 8), siendo significativamente diferente de los demás tratamientos (P =0.05)

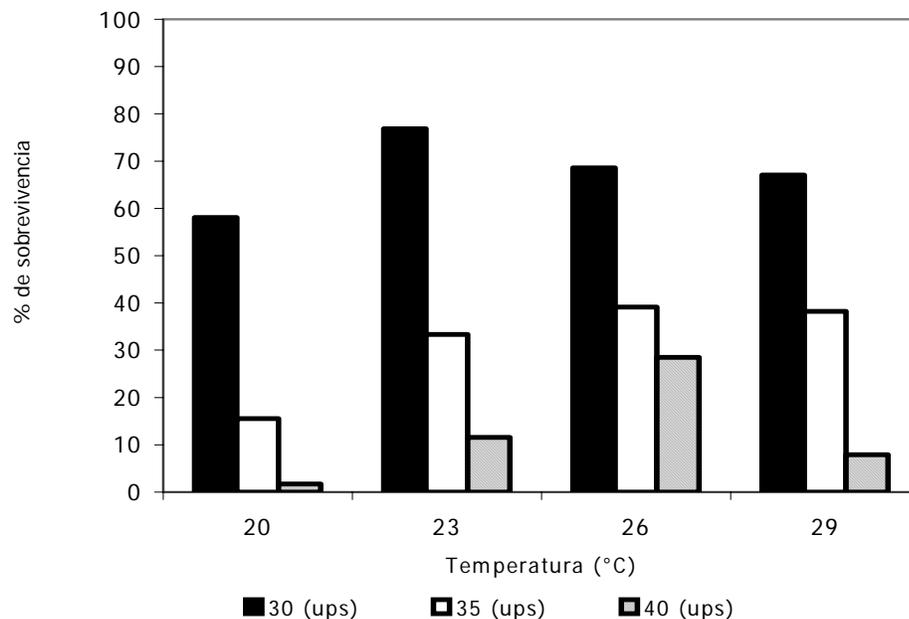


Figura 8.- Efecto de la temperatura y salinidad en la sobrevivencia de los eleuteroembriones de la cabrilla arenera *Parablax maculatofasciatus* hasta absorción del vitelo.

Así, puede apreciarse que el efecto combinado de ambas variables se explica satisfactoriamente ($R^2 = 0.82$, $P = <0.001$) mediante el siguiente modelo matemático:

$$\arcseno \sqrt{\% \text{ sobrevivencia}} = -137.45 - 3.591(S) + 23.75(T) - 0.4651(T)^2$$

Donde:

S = Salinidad en unidades prácticas de salinidad.

T = Temperatura en grados Centígrados.

Obteniendo la primera derivada parcial con respecto a la temperatura fue posible realizar una estimación del valor óptimo para la sobrevivencia hasta la absorción del vitelo. La temperatura presenta un efecto parabólico, así, obtenemos que las condiciones más adecuadas para la fase de eleuteroembrión son de 25.5 °C y 30 ups.

En la representación gráfica del modelo (Figura 9), se muestran los valores promedios observados de sobrevivencia (desde fecundación hasta absorción de vitelo).

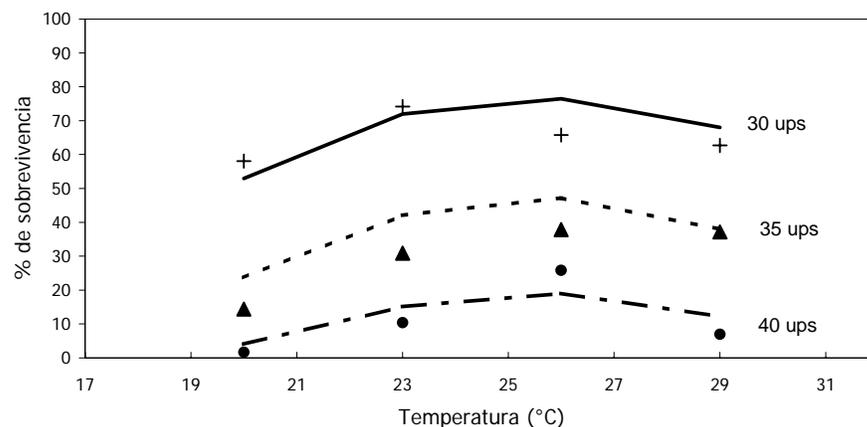


Figura 9. - Porcentaje de sobrevivencia de eleuteroembriones de la cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus* hasta absorción de vitelo, bajo diferentes temperaturas.

Talla al completar la absorción del vitelo

Se analizó la longitud notocordal (LN) como un parámetro que puede ser influenciado por las condiciones de la temperatura y la salinidad, impuestos durante su desarrollo inicial.

El análisis de varianza muestra que las variables de temperatura y salinidad no muestran interacción, pero por separado si tuvieron un efecto significativo sobre la talla al concluir la absorción del vitelo (Anexo I, Cuadro C).

La talla del eleuteroembrión fue afectada por ambas variables, obteniéndose la máxima promedio (2.66 mm LN) a 26 °C y 35 ups, siendo significativamente diferente a los otros tratamientos ($P = 0.05$), corroborado mediante la prueba de Tuckey. Se observa una tendencia al incremento de la talla conforme aumenta la temperatura en el intervalo de 20 a 26 °C, pero decrece en los tratamientos a 29 °C.

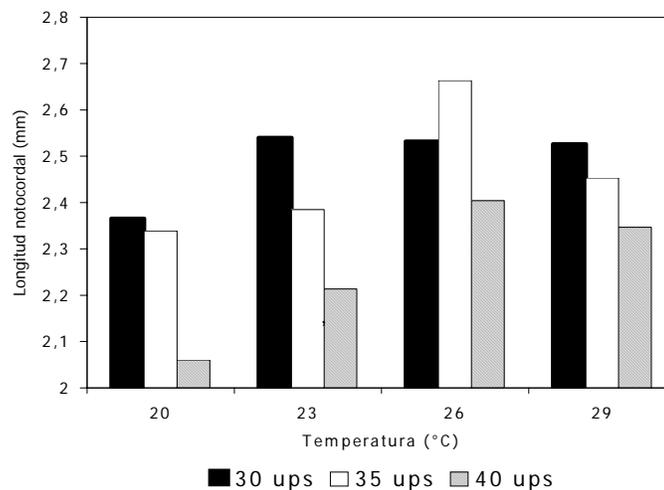


Figura 10. – Efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la longitud notocordal de los eleuteroembriones de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* hasta absorción del vitelo.

PERIODO LARVARIO

Experimento 4.- Efecto de la densidad de siembra inicial durante el periodo larvario

Registro de parámetros

Tratando de mantener la calidad del agua en los acuarios, se realizaron recambios de agua desde el 10 % hasta el 50 % y se mantuvo una concentración constante de microalgas de 600,000 cel/ml.

La temperatura registrada en los acuarios fue de $25.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2$ (Anexo II, Figura A) la salinidad fluctuó entre 30.0 –31.0 ups y el pH presentó valores de 7.5 a 8.0.

La concentración de amonio total fue de 0 a 0.5 mg/l para la densidad de 20 larvas/l, registrándose valores de hasta 1.0 mg/l en los últimos días de cultivo, en las densidades de 40 y 60 larvas/l. (Anexo II, Figura B) La concentración promedio de amonio no ionizado en la densidad de 20 y 40 larvas/l fue de $0.07\text{ mg/l} \pm 0.08$, con valor máximo de 0.3 mg/l y para la densidad de 60 larvas/l fue de $0.14\text{ mg/l} \pm 0.11$ con valor máximo de 0.4 mg/l (Anexo II, Figura C).

La concentración de nitritos fue muy similar en las tres densidades experimentadas, presentando un valor promedio de $0.7\text{ mg/l} \pm 0.3$, con intervalo de 0 a 1.5 mg/l (Anexo II Figura D).

Con relación a la concentración de oxígeno disuelto, se registraron valores desde 2.8 a 4.6 mg/l, correspondiendo al 40 y 66% del valor de saturación del oxígeno, para las condiciones de temperatura (25 °C) y salinidad (30-31 ups) que prevalecieron en las diferentes unidades experimentales (Anexo II, Figura E).

Ya que los niveles de oxígeno disuelto y de nitritos presentaron niveles que pudieran afectar a las larvas, se realizó un análisis de regresión entre estos valores, el cual dio como resultado una nula relación entre estos factores.

Crecimiento en longitud

Debido al bajo número de datos ($n=5$) que se tienen por réplica, se hizo un contraste no paramétrico entre las muestras por día, para cada una de las densidades, mediante la prueba de Mann-Whitney, obteniéndose que no existe diferencia significativa entre réplicas a una $P < 0.05$.

Para probar las posibles diferencias entre los tratamientos de densidad, se aplicó un análisis de varianza (Anexo I, Cuadro D), dado que los datos transformados por logaritmo natural, presentaron homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett). Al aplicar el análisis, no se registró diferencia significativa entre los tratamientos probados.

En la Figura 11 se muestran las curvas de crecimiento de las larvas, siendo similar para las tres densidades experimentadas.

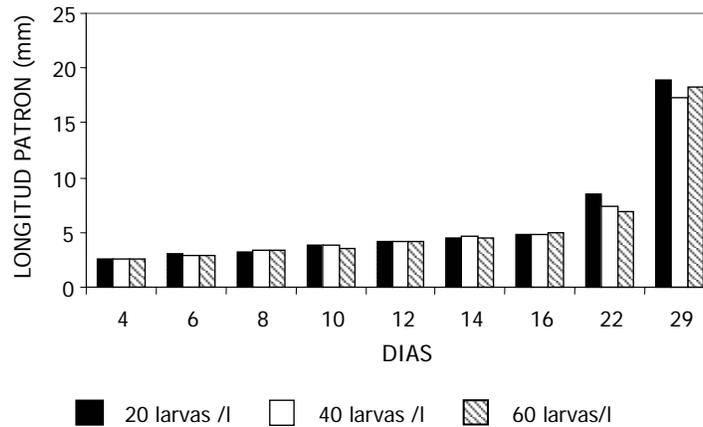


Figura 11.- Crecimiento de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* durante el periodo larvario, a diferentes densidades de siembra

En base a los análisis mencionados, se procedió a agrupar los datos de los tratamientos, realizando el ajuste a un modelo matemático, mediante el cual se pudiera realizar predicciones de crecimiento de estos organismos, eligiendo el modelo exponencial ($R^2 = 0.90$), quedando de la siguiente forma:

$$Y = 1.77707e^{0.0723X}$$

Donde :

Y = Longitud patrón (mm)

X= edad (días)

Las larvas presentaron un crecimiento gradual en longitud y peso las primeras 2 semanas, teniendo una longitud notocordal de $2.5 \text{ mm} \pm 0.17$ (n= 45) al cuarto día y de $4.98 \text{ mm} \pm 0.36$ de longitud patrón el día 16. A partir de la tercer semana y hasta el mes de edad se observó un incremento considerable, logrando una longitud promedio de $18.15 \text{ mm LP} \pm 4.0$ (Anexo I, Cuadro E).

En la Figura 12 se representan los datos observados de crecimiento en longitud del día 4 hasta el mes de edad, juntando las tres densidades de siembra, así como los datos calculados mediante el modelo propuesto.

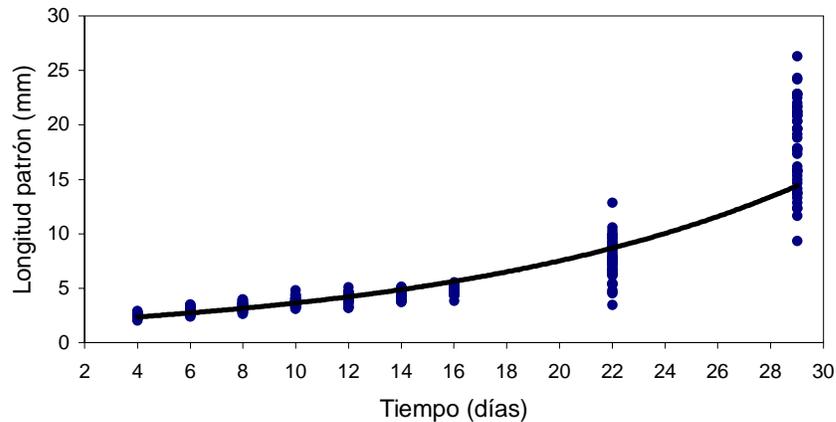


Figura 12.- Crecimiento de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* durante el periodo larvario, aplicando el modelo exponencial.

Crecimiento en peso

En el análisis de varianza y de regresión, se observó que ambos factores (densidad y edad) fueron significativos (Anexo I, Cuadro F).

El crecimiento en peso de las larvas al mes de cultivo, se aprecia en la Figura 13, donde a 20 larvas/l se obtuvo el mayor peso, siendo en promedio de $185.4 \text{ mg} \pm 73.6$, mientras que a la densidad de 40 y 60 larvas/l fue de $156.9 \text{ mg} \pm 101.0$ y 171.1 ± 106.4 respectivamente (Anexo I, Cuadro G).

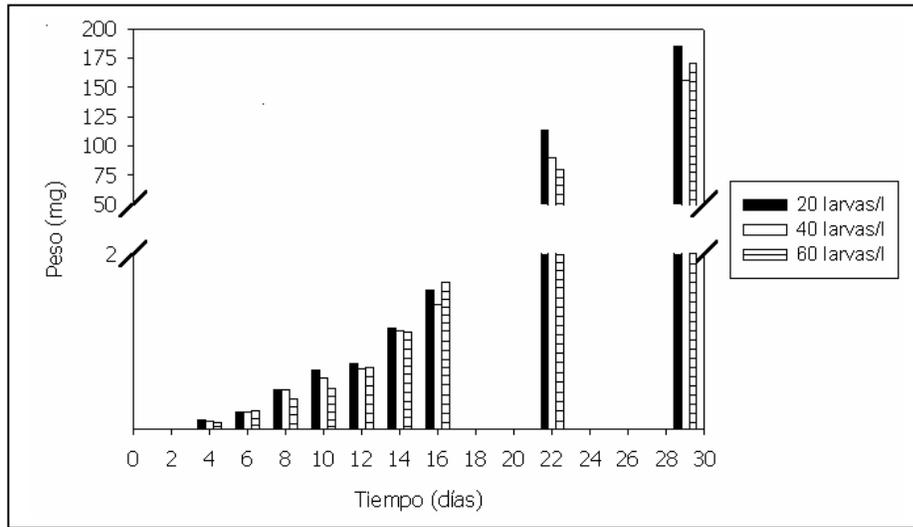


Figura 13.- Crecimiento en peso de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo larvario, a diferentes densidades de siembra inicial.

El crecimiento en peso es descrito por un modelo exponencial (Figuras 14-16)

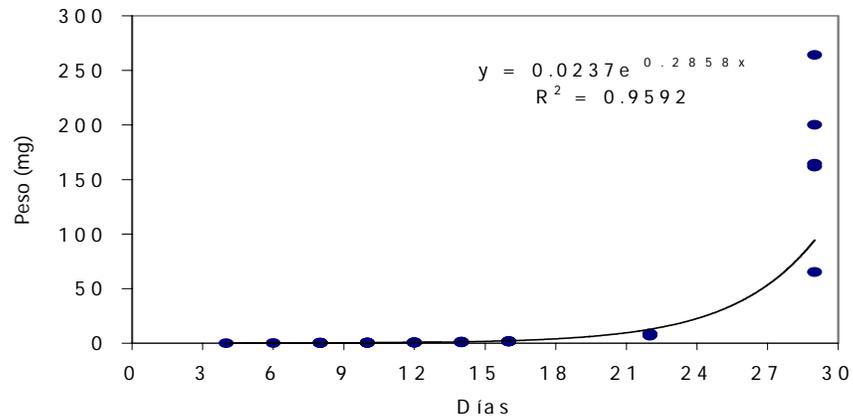


Figura 14.- Crecimiento en peso de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo larvario, a densidad de siembra de 20 larvas/l.

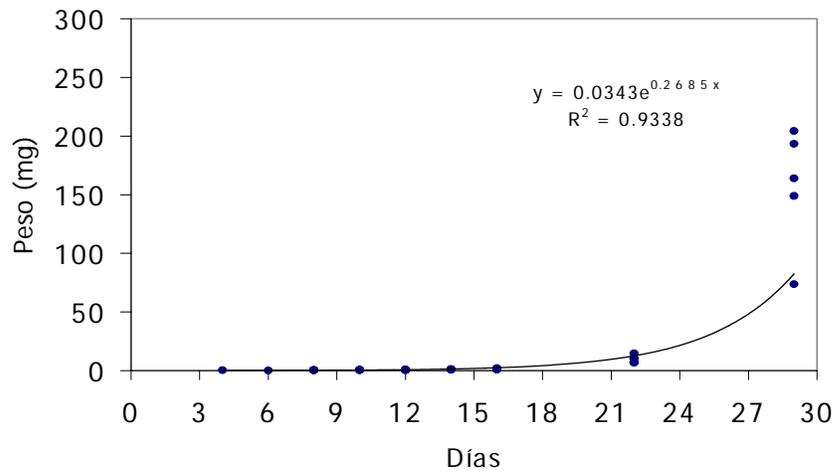


Figura 15.- Crecimiento en peso de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo larvario, a densidad de siembra de 40 larvas/l.

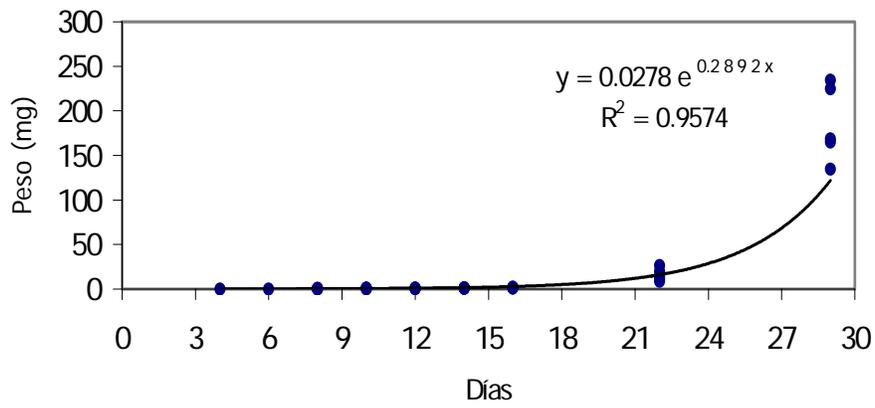


Figura 16.- Crecimiento en peso de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo larvario, a densidad de siembra de 60 larvas/l.

Sobrevivencia

Mediante la prueba de Mann-Whitney, se contrastaron los resultados obtenidos en las réplicas y los tratamientos consideradas para esta fase experimental, determinándose que no existió diferencia significativa entre ellas ($P < 0.05$).

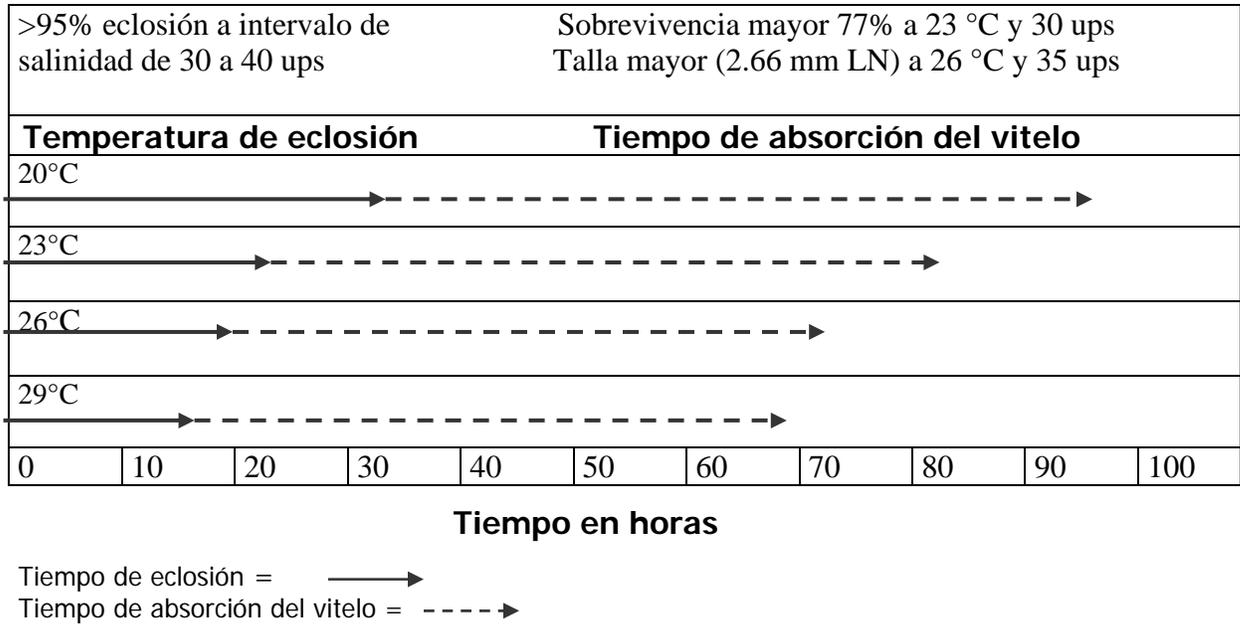
El porcentaje de sobrevivencia fue bajo en todas las densidades experimentadas, presentando un valor promedio de 0.8 (0.4-1.3 %) Cuadro 6.

Cuadro 6.- Porcentaje de sobrevivencia bajo las diferentes densidades de siembra, durante el periodo larvario de *Paralabrax maculatofasciatus*.

REPLICAS	20 LARVAS/L	40 LARVAS/L	60 LARVAS/L
1	0.8	0.9	0.4
2	0.9	1.0	0.4
3	1.0	1.3	0.4
PROMEDIO	0.9	1.1	0.4

RESUMEN DE RESULTADOS

PERIODO EMBRIONARIO



PERIODO LARVARIO

Densidad de siembra inicial: 20, 40 y 60 larvas/l	En longitud y sobrevivencia no existe diferencia significativa entre las tres densidades de siembra. En peso y factor de condición se presentó una tendencia a mejores resultados a 20 y 40 larvas/l
--	---

VII.- DISCUSIÓN

PERIODO EMBRIONARIO

Efecto de la salinidad y temperatura durante el desarrollo embrionario.

Dentro de la serie de experimentos realizados en la presente investigación, tenemos aquellos que se llevaron hasta el momento de la eclosión (Exp. No. 1), donde los huevos de la cabrilla arenosa demostraron amplia tolerancia a la salinidad, en el intervalo de (20-50 ups). En general la tolerancia de los huevos de peces marinos a la salinidad es buena debido a la protección que les brinda el espacio perivitelino, no obstante esto ocurre hasta después de la etapa de gastrulación (Hempel, 1979), ya que el crecimiento de células que prosigue a la gastrulación, resulta en un embrión más resistente (Holliday, 1969; Tandler *et al.*, 1995), debido a que las células de las capas del ectodermo y endodermo que cubren la superficie del blastodisco, parecen ser el sitio de regulación del huevo con el medio (Holliday, 1965).

Existen reportes de experimentos durante el periodo embrionario de peces de aguas frías, en las cuales se ha observado que la mayor mortalidad de huevos se registra en las etapas anteriores a la gastrulación. (Hollyday, 1965; Doroshev y Aronovich, 1974; Laurence y Howell, 1981; Kjorsvik y Holmefjord, 1995)

En otro sentido existen reportes de especies con huevo pelágico, donde al parecer tienen mayor capacidad de osmorregulación desde el momento

mismo de la fertilización, como es el caso de *Pleuronectes platessa* (Blaxter, 1969). El haber manipulado los huevos de *Paralabrax maculatofasciatus* recién desovados, mediante un proceso de aclimatación gradual, tanto a temperatura como a salinidad, favoreció el porcentaje de eclosión alcanzado.

Al respecto, Martínez-Díaz *et al.* (2001) observaron que durante la manipulación de huevos de *P. maculatofasciatus*, estos presentaron mayor mortalidad durante las primeras 12 horas, antes del cierre del blastoporo desconociendo a que atribuir este hecho, concordando con lo sugerido por Alvarez-Lajonchere y Hernández-Molejon (1994), respecto a la manipulación segura de los huevos, posterior al cierre del blastoporo.

En el caso de la especie que nos ocupa, podría pensarse que se comporte como *Pleuronectes platessa*, desarrollando su capacidad osmorreguladora desde una fase inicial. De acuerdo con May (1975) *Bairdiella icistia* de la familia Sciaenidae, tolera un amplio gradiente de salinidad (15-50 ups) al igual que se observó con la cabrilla arenera en las fases de segmentación y embrión, como una respuesta adaptativa de origen genético para favorecer la sobrevivencia.

Si bien es cierto que los huevos de cabrilla arenera pueden incubarse en un amplio intervalo de salinidad bajo ciertas condiciones extremas, se pueden registrar anomalías en el desarrollo y un retraso en la organogénesis, particularmente en la región caudal del embrión (Doroshev y Aronovich, 1974), aspecto que todavía no se evalúa en *Paralabrax maculatofasciatus*.

Porcentaje de eclosión

Al estudiar el efecto combinado de la temperatura y la salinidad en el desarrollo embrionario, se constató la semejanza en los resultados por efecto exclusivo de la salinidad, aunque en un intervalo más estrecho (30-40 ups), al no registrar diferencias significativas en la eclosión. Han reportado con diversas especies el efecto combinado de la salinidad y la temperatura (Forrester y Alderdice, 1966; Holt *et al.*, 1981; Howell *et al.*, 1998) por lo cual, al no tener un efecto independiente sobre el porcentaje de eclosión, estas variables debe ser consideradas de manera simultánea. Para el hemúlido *Parapristipoma trilineatum*, se reporta un bajo porcentaje de eclosión a bajas temperaturas, en combinación con valores extremos (superiores o inferiores) de salinidad (Kashiwagi *et al.*, 1984). Para el pleuronéctido *Parophrys vetulus* en un amplio intervalo de salinidad (10-40 ups) y temperaturas de 2-12 °C, se demostró que un grado centígrado de variación equivale a un cambio de 4 ups (Alderdice y Forrester, 1968). Conides y Glamuzina (2001) señalaron que la temperatura es el parámetro más crítico en el proceso de eclosión de *Dicentrarchus labrax*. Para el espárido *Sparus sarba*, se observó interacción de ambas variables, en el tiempo de incubación, no obstante que la temperatura influyó predominantemente (Mihelakakis y Kitajima, 1994).

El no haber detectado interacción en los parámetros de temperatura (20-32 °C) y salinidad (30-40 ups) en la eclosión de los huevos de *P. maculatofasciatus*, se debió al hecho de haber restringido el intervalo de

salinidad probado, con excepción de los bajos porcentajes observados a 32 °C, el cual puede considerarse cercano al límite superior de tolerancia.

La obtención de valores de eclosión superiores al 95% en el intervalo de 20 a 29 °C, coinciden con otros estudios sobre la especie (Rosales-Velázquez *et al.*, 1992; Contreras-Olguín *et al.*, 1997) quienes reportan valores de 90 y 95 %, respectivamente, y ligeramente mayores a los logrados por Martínez-Díaz *et al.* (2001), el cual reporta un 88 % de eclosión, todos ellos bajo condiciones de temperatura (23-25 °C) y salinidad (35 ups) incluidos el intervalo estudiado en este trabajo. El porcentaje de eclosión obtenido en el presente estudio es elevado en relación al reportado para otras especies, tales como *Epinephelus striatus* (82 %) (Watanabe *et al.*, 1995), *Dicentrarchus labrax* (60 %) (Nehr *et al.*, 1996) o *Acanthopagrus latus* (77 %) (Leu y Chou, 1996).

Tiempo de eclosión.

La temperatura actúo como factor de control, disminuyendo el tiempo de eclosión, desde 35 horas a 20 °C, hasta 17 horas a 29 °C. Con relación a la ecuación del modelo exponencial aplicado, tenemos que ha sido utilizada por Garretón y Balbontín (1982), Wang *et al.* (1985) y Mihelakakis y Yoshimatsu (1998) en otras especies, observándose que el tiempo de eclosión se ajusta adecuadamente a la línea de regresión.

El tiempo de eclosión de la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*), es similar al de otras especies del mismo género, (Butler *et*

al., 1982) reportaron que *P. nebulifer* eclosiona en 24 horas a 21.5 °C y para *P. clathrathus* ocurre entre 36-40.5 horas a 19 °C.

EL tiempo de eclosión para *P. maculatofasciatus* a 29 °C, es similar a la reportada por Rodríguez-Salinas *et al.* (2003), siendo de 18.5 horas a 28 °, pero difiere considerablemente del valor reportado por estos autores a 20 °C, con 30 horas contra 38 horas en el presente estudio. Por su parte Avilés-Quevedo *et al.* (1995) reportaron tiempos de eclosión menores, además de referirlo a intervalos de temperatura, siendo de 13 horas para 24-30 °C y de 20 horas a menos de 24 °C. Cabe señalar que en este último caso, mantienen sus organismos en sistema abierto, con la exposición de los huevos a un amplio intervalo de temperatura diurna y estacional, por lo cual no precisan esta información.

La eclosión, esta detectada como una etapa crítica de los peces (Tucker, 1998) y se utiliza como un parámetro de calidad, para predecir la calidad de las larvas y su sobrevivencia, bajo condiciones de cultivo preestablecidas (Carrillo *et al.*, 1995), ya que tal como mencionan Mihelakakis y Kitajima (1994), la determinación de las condiciones óptimas de incubación para peces marinos es uno de los tantos prerrequisitos para el éxito del cultivo a escala piloto y/o comercial.

Tiempo de absorción del vitelo.

Aún antes de la eclosión, el eleuteroembrión se nutre del vitelo, a través del sincitio que lo rodea, por medio de endocitosis (Heming y Buddington, 1988), referida como alimentación endógena de donde obtiene la energía para sus procesos fisiológicos, iniciar la diferenciación de ciertos órganos y el crecimiento de tejidos (Kamler, 1992).

Existen pocos reportes detallados de *P. maculatofasciatus* sobre el efecto de la temperatura y la salinidad durante el tiempo en que el eleuteroembrión absorbe el vitelo. En los resultados obtenidos, se observa que después de la eclosión, conforme se incrementa la temperatura, la velocidad de consumo del vitelo también se incrementa, disminuyendo el tiempo en que se absorbe completamente de 63 horas a 20 °C hasta 52 horas a 29 °C, dentro del intervalo de 30-40 ups. Peña-Martínez (2000), reportó que al tercer día después de la eclosión, la larva ha absorbido el saco vitelino y el glóbulo de aceite, a 25 °C y 35 ups, concordando de manera general con lo obtenido en este trabajo. Por su parte Rodríguez-Salinas *et al.* (2003) reportaron la absorción del vitelo en 60 y 48 horas a 20 y 24 °C respectivamente, a partir de la eclosión de los huevos, concordando con lo obtenido, pero evidenciando una elevada mortalidad a 28 °C, lo cual contrasta con el 90% de eclosión alcanzado en este trabajo a 29 °C.

El modelo exponencial utilizado, permite predecir el tiempo en que ocurre el cambio de la fase de eleuteroembrión a la fase de larva preflexión en el

intervalo de 20-29 °C a 30 ups, la importancia de conocer el momento de la transición para suministrar alimento exógeno, evento que es decisivo en la sobrevivencia larvaria (Balon, 1985; Jonhson y Katavic, 1986; Clarke y Jensen, 2001).

Sobrevivencia hasta absorción del vitelo.

La mayor sobrevivencia se observó a la salinidad de 30 ups, indistintamente de la temperatura de manutención (20-29 °C), evidenciando una mejoría conforme disminuye la salinidad en el intervalo estudiado (30-40 ups).

Aplicando los valores de 25.5 °C y 30 ups, obtenidos a través del modelo matemático, desde la fecundación hasta el final del periodo embrionario, se esperaría lograr una sobrevivencia del 72.9%. Los valores de 26 °C y 30 ups, donde se observó mayor sobrevivencia hasta absorción del vitelo, coinciden con las condiciones que prevalecían en el sistema de mantenimiento de los reproductores, cuando se inicio este experimento. Resultados similares se reportan en el trabajo de Rosales-Velázquez (1997), que obtuvo un alto porcentaje de sobrevivencia (99 %) hasta las 48 horas, manteniendo sus experimentos bajo condiciones cercanas a las del desove (temperatura de 23 °C y salinidad de 35 ups). Tales valores caen en el intervalo en que la cabrilla arenera se reproduce en su ambiente natural (23-26 °C) (Ocampo-Cervantes, 2002). Esto concuerda en lo observado en especies como *Pagrus major* y *Cynoscion nebulosus*, donde el intervalo de temperatura y salinidad para la

incubación, coinciden con las condiciones naturales al momento del desove, obteniendo una máxima producción de larvas (Mihelakakis y Yoshimatsu, 1998; Kucera *et al.*, 2002).

Talla al absorber el vitelo

La talla del eleuteroembrión hasta la absorción del saco vitelino, varió de acuerdo a los tratamientos experimentados. El mayor crecimiento con una longitud notocordal promedio de 2.66 mm, se registró a 26 °C y 35 ups.

Heming y Buddington (1988) señalaron que bajo condiciones óptimas, la eficiencia de utilización del vitelo puede llegar a ser del 60 al 90 %, misma que se expresa en conversión calórica y por lo tanto se manifiesta en un eleuteroembrión de mayor desarrollo. Asimismo la energía requerida para la osmorregulación influye en la eficiencia de la utilización del vitelo y en el crecimiento del eleuteroembrión. En algunas especies eurihalinas, esto ha sido asociado con la obtención de larvas mas grandes al momento de absorber el vitelo en salinidades intermedias (Peterson *et al.*, 1996), lo cual parece ser el caso de este trabajo, ya que la salinidad de 30 ups demostró ser la mejor en la fase de eleuteroembrión, coincidiendo los valores de temperatura para la reproducción de la especie como se menciona anteriormente.

Los resultados obtenidos con relación a las condiciones de la variación de la temperatura y su efecto sobre las tallas, difieren con lo reportado por otros autores para la misma especie, tales como Laborín-Rodríguez y Ramírez-Sevilla

(1995) quienes reportaron que a 23 °C la larva al momento de absorber el vitelo mide 2.54 mm LN y en cambio al incrementar a 29 °C la talla máxima fue menor (2.38 mm LN). Asimismo, Rodríguez-Salinas *et al.* (2003) reportaron la obtención de larvas cuya longitud es inversamente proporcional a la temperatura.

Las diferencias encontradas con estos trabajos, se pueden explicar por que tanto las condiciones de temperatura y salinidad que prevalecieron al momento de la obtención del desove, así como de alimentación de los reproductores fueron diferentes; ya que hubo un efecto sobre la composición del vitelo y por ende sobre la calidad de los embriones, no obstante tratarse de la misma especie, al respecto Jaworski y Kamler (2002) encontraron que la absorción del vitelo es dependiente de la temperatura, tamaño del huevo y cantidad de vitelo, además la temperatura y la salinidad tienen efecto sobre la talla lograda al momento de la absorción del vitelo (Hugues y Pepin, 1999). También se ha reportado la influencia de otros factores, como son la calidad de los huevos (Heming y Buddington, 1988; Howell *et al.*, 1998), las condiciones del cultivo, la dieta proporcionada a los reproductores y el método de desove entre otros (Fernández-Palacios *et al.*, 1994; Bromage, 1995). Además Nortvedt *et al.* (2001) mencionaron que la calidad de las puestas pueden variar incluso entre desoves de la misma hembra.

Dentro de las aportaciones realizadas mediante esta investigación, tenemos la de determinar un intervalo de las condiciones de temperatura y

salinidad, tendientes a mejorar el proceso de crianza de los organismos, ya que esto coadyuva a optimizar el desarrollo, la sobrevivencia y el crecimiento de la especie en sus primeros días de vida.

PERIODO LARVARIO

Efecto de la densidad de siembra durante el periodo larvario

Sobre todo al inicio del periodo larvario ocurren cambios importantes, tanto en la forma y tamaño de la larva, como en la conducta, locomoción, respiración, digestión y nutrición (Howell *et al.*, 1998) y es cuando se registra la mayor mortalidad en los cultivos, por lo cual se considera un periodo crítico en la vida del pez y aun a la fecha la producción de larvas en suficiente cantidad y calidad, es la piedra angular en el desarrollo de la acuicultura.

Por lo anterior es importante definir con precisión la alimentación al inicio del periodo larvario (Lavens *et al.*, 1995), ya que debemos considerar el alto costo que implica el abastecimiento de alimento vivo durante el cultivo, por lo que se buscó mejorar la sobrevivencia, al variar la densidad de larvas y mantener constante la concentración de alimento en todos los tratamientos. El uso de bajas densidades de siembra, como en el caso de este estudio, debe evitar una concentración de alimento establecida, ya que puede resultar en la sobrealimentación de las larvas (Tucker, 1998).

Crecimiento en longitud

El crecimiento de *P. maculatofasciatus* durante el periodo larvario, es muy lento en las primeras 2 semanas y es a partir del día 16 cuando se nota un incremento, siendo más evidente el crecimiento para el día 22 hasta obtener una talla final promedio de 22.6 mm de longitud total para el día 29. Peña-Martínez *et al.* (2003) al trabajar con una densidad de siembra de 150 larvas/l, observaron un crecimiento exponencial similar, así como un incremento el día 16, cuando las larvas presentan todos los elementos digestivos estructurales, reportando una talla ligeramente mayor para el día 29 (25 mm longitud total promedio).

Con base en los resultados obtenidos, se pone en evidencia que la densidad de siembra en el intervalo de 20 a 60 larvas/l, no afecta el crecimiento en longitud de las larvas de la cabrilla arenera. Álvarez-González *et al.* (2001) al probar con densidades de 50 a 200 larvas/l, reportaron 50 larvas/l como la densidad de siembra óptima, en función del crecimiento y sobrevivencia alcanzados. Al comparar el crecimiento obtenido en esta densidad, con el presente estudio, se observan diferencias mínimas, ya que la longitud patrón promedio para el mes de edad fue de 15.9 y 18.1 mm LP respectivamente. Akatsu *et al.* (1983) reportaron que *Epinephelus tauvina*, la cual pertenece a la misma familia que la cabrilla arenera, se logró una longitud total promedio de

4.02 mm \pm 0.37 al día 12, cultivada en densidad 60 larvas/l en tanques de 450 l, contra 4.39 mm \pm 0.39 para las larvas de *P. maculatofasciatus*.

Una de las razones por la que no se registraron diferencias significativas en los tratamientos estudiados, pudo deberse al estrecho intervalo de densidad.

Crecimiento en peso.

El incremento en peso durante el periodo larvario fue de manera exponencial en las tres densidades, observándose un incremento considerable a partir del día 22 hasta el mes de edad, manifestándose un efecto significativo entre los tratamientos de densidad, presentándose a la menor densidad, las larvas con mayor peso al mes de vida (185.4 mg \pm 72.6). Hay pocos estudios para la especie que relacionen la densidad de siembra con el incremento en peso, razón por la cual no se pudo realizar un análisis comparativo. Anguas-Vélez *et al.* (2000) trabajaron con larvas de 45 días de edad a una densidad de siembra inicial de 74 larvas/l y obtuvieron valores promedio de 517 \pm 124 mg.

Hay que mencionar que se observó gran variación en el peso de las larvas, en todos los tratamientos, sobretodo a partir de la segunda semana de cultivo, esto mismo se detectó en otro estudio, donde el peso final de juveniles cultivados hasta los 2 meses, presentaron un intervalo desde 0.1 g hasta 7.1 g (Contreras-Olguín *et al.*, 1997).

Sobrevivencia

La sobrevivencia al mes de edad, no presentó diferencias significativas, siendo el valor promedio 0.8 %. Anguas-Vélez *et al.*, 2000 aún cuando aplicaron diferentes tratamientos control y de destete temprano, no encontraron diferencia, reportando una sobrevivencia promedio de 2.2 %, para larvas cultivadas hasta los 45 días a una densidad de siembra de 74 larvas/l. Contreras-Olguín *et al.* (1997), bajo diversas condiciones de cultivo reportaron sobrevivencias promedio entre 3.5 a 7.6 % en larvas de un mes de vida.

Álvarez-González *et al.* (2001) trabajando con densidades de siembra inicial de 50 a 200 larvas/l, reportaron sobrevivencias de 5.0 a 11.1 %, siendo significativamente mejor sus resultados en la menor densidad de siembra. Resultados similares se han reportado durante el periodo larvario para otros serránidos y otras familias (cuadro 7)

Cuadro 7.- Sobrevivencias reportadas para diferentes especie para el periodo larvario.

ESPECIE	SOBREVIVENCIA (%)	AUTOR
<i>Epinephelus tauvina</i>	1.7 - 7.9	Akatsu <i>et al.</i> (1983)
<i>Epinephelus akaara</i>	2.4 - 40	Chao <i>et al.</i> (1993)
<i>Epinephelus striatus</i>	2.5 - 15.6	Watanabe <i>et al.</i> (1996)
<i>Epinephelus striatus</i>	1.2 - 25.0	Tucker y Woodward (1996)
<i>Scophthalmus maximus</i>	20 - 30	Person-Le Ruyet <i>et al.</i> (1991)

Se sabe que la mayor mortalidad ocurre en los primeros días del cultivo larvario (Houde, 1975), esto se atribuye a diversos factores como los relacionados a la alimentación (tamaño, calidad y cantidad de la presa) y las condiciones ambientales principalmente (Bromage *et al.*, 1992; Sampaio y Phonlor, 1996; Glamuzina *et al.*, 2001). Tucker y Woodward (1996) atribuyen la

mortalidad a problemas de baja eficiencia al iniciar la primer alimentación y a cambios de alimento, específicamente nauplios de *Artemia*, en el caso de alimento vivo; Por otra parte Nehr *et al.* (1996), mencionaron la importancia de la calidad del alimento durante la crianza larvaria.

Registro de parámetros

En Europa la técnica llamada “agua verde” ha sido empleada en la producción de varias especies, con el propósito de estabilizar la calidad del agua (Watanabe y Kiron, 1995) y retardar la pérdida de calidad nutricional de los rotíferos, principalmente la fracción lipídica (Person-Le Ruyet *et al.*, 1991; Retain *et al.*, 1993), ya que se ha observado mejor crecimiento y sobrevivencia de larvas en cultivos con microalgas (Naas *et al.*, 1992, Dhert *et al.*, 1998).

A pesar de esto, los parámetros de la calidad del agua fueron superiores a los valores límites reportados para el desarrollo de larvas, siendo primordiales la concentración de oxígeno, que fluctuó desde 2.8 a 4.6 mg/l. Álvarez-González *et al.* (2001) al utilizar un sistema de crianza larvaria en densidades de siembra mayores (50-200 larvas/l) reportaron valores desde 1 hasta 4.5 mg/l, encontrando una relación inversa de la densidad de siembra con la concentración de oxígeno, lo cual no fue evidente en el presente estudio, ya que las fluctuaciones fueron muy similares para los 3 tratamientos. Kestemont y Baras (2001) mencionaron que los organismos en sus primeras fases de vida, pueden ser menos sensibles que los peces adultos a los cambios de este

parámetro, ya que el oxígeno puede difundirse pasivamente a través del cuerpo, sin embargo la actividad alimenticia es afectada a niveles bajos de oxígeno. Dupree (1995) señaló que se debe mantener durante el cultivo larvario un valor mínimo de 5 mg/l y minimizar el nivel de amonio y nitritos, como los parámetros más importantes a controlar en el cultivo, sin embargo para el caso de *P. maculatofasciatus* se desconocen los valores limitantes que relacionen el efecto de este parámetro con la sobrevivencia.

La concentración de amonio total registrada en los acuarios fue elevada, incrementándose el valor promedio, conforme a la densidad de larvas. Los altos valores registrados de hasta 1.0 mg/l en los acuarios, pudieron haber afectado la sobrevivencia larvaria. En otros estudios para la especie y bajo diferentes condiciones de cultivo, se han registrado niveles extremos de 0.8 mg/l (Álvarez-González *et al.*, 2001, Anguas-Vélez *et al.*, 2000). En el cultivo de *Dicentrarchus labrax* se tienen registros de 0.05 hasta 0.5 mg/l (Coves *et al.*, 1991). Asimismo la proporción del amonio no ionizado registró valores de 0.4 mg/l en los últimos días del cultivo, al respecto Tucker (1998) señaló que el amonio no ionizado es la forma más tóxica para las larvas, ya que fácilmente es asimilado a través de las membranas de las branquias y mencionó que la sobrevivencia y el crecimiento de las larvas se ven reducidos a valores de 0.3 mg/l. A mayor concentración de amonio, la excreción en el pez disminuye, aumentando los niveles de amonio en la sangre y tejidos, ocasionando un incremento en el pH de la sangre y un efecto adverso sobre las reacciones enzimáticas y la

estabilidad de las membranas celulares (Secretaria de Pesca, 1988). La concentración del amonio no ionizado se incrementa con la temperatura y bajos valores de pH (Post, 1987), siendo mas tóxico cuando el oxígeno disuelto es bajo (Bautista-Parejo, 1993; Tucker, 1998).

La concentración de nitrito registró niveles de 0 a 1.5 mg/l. Bajo condiciones óptimas de calidad del agua, se recomienda mantener como límite una concentración de 0.1mg/l en el desarrollo larvario (Tucker, 1998). Para la especie se han logrado mantener niveles de 0.4 mg/l (Anguas-Vélez *et al.*, 2000) y hasta 0.7 mg/l (Álvarez-González *et al.*, 2001). Aunque se desconoce el efecto que pudo tener sobre la mortalidad de las larvas, es evidente que los valores registrados están por encima de los recomendados y que se tendría que incrementar el recambio de agua en el sistema de cultivo para eliminar estos productos de desecho, ya que una de las estrategias para prevenir las enfermedades en el cultivo de larvas es mantener la calidad del agua, con niveles altos de oxígeno y baja concentración de desechos nitrogenados(Plumb, 2001).

VIII. CONCLUSIONES

Se concluye que hasta la fase de embrión, *Paralabrax maculatofasciatus* tolera un amplio intervalo de salinidades, desde 20 a 50 ups a 23 °C, presentando porcentajes de eclosión mayores del 90%.

Al obtener porcentajes promedios del 95% en los tratamientos combinados de temperatura y salinidad hasta la eclosión, se concluye que los mejores valores son de 20-29 °C a un intervalo de 30-35 ups.

El menor tiempo de absorción del saco vitelino fue de 52 horas después de la eclosión y se presentó a la temperatura de 29 °C, en el intervalo de salinidad de 30-40 ups.

Para la fase de eleuteroembrión, las mejores condiciones son los intervalos de temperatura de 26 a 29 °C y de salinidad de 30-35 ups, para obtener la mayor sobrevivencia y larvas de mayor talla.

Bajo las condiciones de cultivo establecidas, la densidad de siembra inicial entre 20 y 60 larvas/l, no permitieron detectar diferencias contundentes en el crecimiento en longitud y la sobrevivencia alcanzada al mes de edad.

RECOMENDACIONES

Experimentar durante la incubación de huevos con otro método profiláctico, como baños con formol.

Evaluar la mortalidad ocasionada en el manejo de eleuteroembriones, al momento de transferir de la incubadora a los recipientes de crianza larvaria

Trabajar con mayor número de muestras durante el periodo larvario

Experimentar en la crianza larvaria con un sistema de cultivo cerrado, para tratar de minimizar los valores de amonio y nitritos y elevar la concentración de oxígeno disuelto.

Evaluar la calidad del alimento en el desarrollo de las larvas.

Estudiar la conducta durante el periodo larvario a fin de detectar y evaluar el porcentaje de mortalidad ocasionado por canibalismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Akatsu, S., Al-Abdul-Elach, K. M., Teng, S. K. 1983. Effects of salinity and water temperature on the survival and growth of brown-spotted grouper larvae (*Epinephelus tauvina*, SERRANIDAE). Journal World Mariculture Society. 14: 624-635.
- Alderdice, D.F., Forrester, C. R. 1968. Some effects of salinity and temperature on early development and survival of the English Sole (*Parophrys vetulus*) Journal Fish Research Board Canada 25 (3): 495-521.
- Alpbaz, A., Firat, M. K., Saka, S., Coba, D. 2001. The study on the technology of producing sea bass (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) larvae in hatcheries in turkey. pp 40-43 In: Hendry, C.I., G. V Stappen, M. Willey P. Sorgeloos (Eds.), Larvi'01- Fish and Shellfish Larviculture Symposium. European Aquaculture Oostende, Belgium. Society Special Publication No. 30.
- Álvarez-Lajonchere L. y Hernández-Molejon O.G. 1994. Manual de técnicas para la producción de peces marinos. C.I.P-CUBA U.A.M. 116 pp.
- Álvarez-González, C. A., Ortíz-Galindo, J. L., Dumas; S., Martínez-Díaz, S. F., Hernández-Ceballos, D. E., Grayeb Del Alamo, T., Moreno-Legorreta, M., Peña-Martínez, R. 2001. Effect of stocking density on the growth and survival of spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* larvae in a closed recirculating system. Journal World Aquaculture Society 32 (1): 130-137.
- Anguas-Vélez, B. H., Civera-Cerecedo, R., Contreras-Olguín, M., Rueda-Jasso, R. A., Guillaume, J. 2000. Preliminary Study on the Timing of Weaning of Spotted Sand Bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, Larvae with a Prepared Diet: Effects on growth and survival. Journal of Applied Aquaculture 10 (4): 1-15.
- Anguas-Vélez, B. H. 2001. Estudio sobre los requerimientos en proteína y energía de juveniles de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1968). Tesis de Doctorado, CIBNOR. 100 pp.
- Avilés-Quevedo A., Iizawa M. 1993. Manual para la construcción, instalación y operación de jaulas flotantes para el cultivo de peces marinos. Secretaría De Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). La Paz, B. C. S. México. 29 pp.

- Avilés-Quevedo, A., McGregor-Pardo, U., Rodríguez-Ramos R., Morales-Castro, O., Huerta-Bello, M. A., Iizawa, M., 1995. Biología y cultivo de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868). Centro Regional de Investigaciones Pesqueras La Paz, B. C. S. México. 85 pp.
- Balon, E.K. 1984. Reflections on some decisive events in the early life of fishes. Transactions of the American Fisheries Society. 113: 178-185.
- Balon, E. K. 1985. The theory of saltatory ontogeny and life history models revisited pp. 13-28. In: Balon, E. K (ed.), Early Life of Fishes. Junk, Dordrecht.
- Bautista-Parejo, C. 1993. Calidad del agua en acuicultura pp. 599-616. In Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Castelló-Orvay (ed.), Publicaciones de la Universidad de Barcelona.
- Baynes, S.M., Howell, B. R., Beard, T. W. 1993. A review of egg production by captive sole, *Solea solea*. Aquaculture Fish Management .4: 171-180.
- Blaxter, J.H.S. 1969. Development: eggs and larvae pp. 177-259. In: Hoar, W. S., Randall, D. J., Brett, J. R. (eds.), Fish Physiology III. Academic Press, New York.
- Blaxter, J.H.S. 1988. Pattern and variety in development pp. 1-58. In Hoar, W. S., Randall, D. J. (eds.), Fish Physiology XIA. Academic Press. New York.
- Brett, J. R y Coves, T. D. 1979. Physiological energetics. pp. 279-352. In: Hoar, W. S., Randall, D. J., Brett, J. R. (eds.), Fish Physiology VIII. Academic Press, New York.
- Bromage, N., J. Jones, C. Randall, M. Thrush, B. Davies, J. Springate, J. Duston y G. Barker. 1992. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 100: 141-166.
- Bromage, N. 1995. Broodstock Management and Seed Quality General Considerations pp. 1-24. In: Bromage, N. R., Roberts, R. J. (eds.), Broodstock management and egg and larval quality. Blackwell Science, Oxford.
- Butler, J. L., Moser, H. G., Nordgren, G. H. L. 1982. Developmental stages of three California sea basses (*Paralabrax*. Pisces: Serranidae). California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations. 23: 252-268.

- Cadena-Roa, M.A. y Roldán-Liebenson G. 1994. Desarrollo científico y tecnológico del cultivo de la cabrilla. Universidad Autónoma de B. C. S. 93 pp.
- Carrillo, M., Zanuy, S., Prat, F., Cerdá, J., Ramos, J., Mananos, E., Bromage, N. 1995. Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) pp. 138-168. In: Bromage, N. R., Roberts, R. J. (eds.), Broodstock management and egg and larval quality Blackwell Science, Oxford.
- Castelló-Orvay, F. 1993. Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Publicaciones de la Universidad de Barcelona. 739 pp.
- Chao T.M., Lim, L. C., Khoo, L. T. 1993. Studies on the breeding of brown-marbled grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*) en Singapore pp. 143-156. In: Cheng-Sheng, L., Mao-Sen S., Liao, C. (eds.), Finfish Hatchery in Asia Tungkang Marine Laboratory, TRFI, Taiwan. TML. Conference Proceedings 3.
- Clarke, C. W y Jensen, J. O. T. 2001. Development rates for sablefish (*Anoploma fimbria*) and Pacific Halibut (*Hippoglossus stenolepis*) incubated at 6 °C pp. 160-163. In: Hendry, C.I., Stappen, G. V., Wille, M., Sorgeloos, P. (eds.), Larvi 01- Fish and Shellfish Larviculture Symposium. European Aquaculture Society Oostende, Belgium. Special Publication No. 30.
- Conides, A. J., Glamuzina, B. 2001. Study on the effects of rearing density, temperature and salinity on hatching performance of the European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). Aquaculture International 9: 217-224.
- Contreras Olguín, M., Rueda Jasso, R. A., Matus Nivón, E., Ortíz Galindo, J. L., Dumas, S., Osorio Galindo, M. 1997. Crianza de larvas y juveniles de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, p. 97. In V Congreso Nacional de Ictiología. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Coves, D., Dewarvin, G., Breuli, G., Devauchelle, N. 1991. Culture of sea bass (*Dicentrarchus labrax*), pp. 3-20. In: McVey, J. P. (ed.), Finfish Aquaculture. Handbook of Mariculture. II. CRC Press, Inc.
- Dhert, P., Divanach, P., Kentouri, M., Sorgeloos, P. 1998. Rearing Techniques for difficult marine fish larvae. World Aquaculture 48-55.

- Diccionario Esencial de las Ciencias, 2000. Real academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. ESPASA, Madrid, España. 1022 pp.
- Doroshev, S. I y Aronovich, T. M. 1974. The effects of salinity on embryonic and larval development of *Eleginus navaga* (Pallas), *Boreogadus saida* (Lepechin) and *Liopsetta glacialis* (Pallas). *Aquaculture* 4: 353-362.
- Dupree, H. 1995. Channel catfish (*Ictalurus punctatus*), pp. 220-241. In: Bromage, N., Roberts, R. (eds). *Broodstock management and egg and larval quality* Blackwell Science, Oxford.
- FAO. 1997. *Aquaculture Production Statistics. 1986-1995*. Roma. FAO. 195 pp.
- Fernández-Palacios, H., Montero, D., Socorro, J., Izquierdo, M. S., Vergara, J. M. 1994. First on spawning, embryonic and larval development of *Dentex gibbosus* (Rafinesque, 1810) (Osteichthyes, Sparidae) under controlled conditions. *Aquaculture* 122: 63-73.
- Forrester, C. R. y Alderdice, D. F. 1966. Effects of Salinity and Temperature on Embryonic Development of the Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*). *Journal Fishery Research Board Canada* 23(3): 319-339.
- Fukuhara, O. 1990. Effects of temperature on yolk utilization, initial growth, and behavior of unfed marine fish-larvae. *Marine Biology* 106: 169-174.
- Fukuhara, O. 1991. Size and age at transformation in red bream *Pagrus major*, reared in the laboratory. *Aquaculture* 95: 117-124.
- Fushimi, H. 2001. Production of juvenile marine finfish stock enhancement in Japan. *Aquaculture* 2000: 33-53.
- Garreton, M., Balbontín, F. 1982. Efecto de la temperatura en el desarrollo embrionario y crecimiento inicial de las larvas de la sardina española, *Sardinops sagax musica*, en condiciones de laboratorio. *Revista Biología Marina* 18 (1): 57-71.
- Glamuzina, B., Glavic, N., Skaramuca, B., Kozul, V., Tutman, P. 2001. Early development of the hybrid *Epinephelus costae* X *E. marginatus*. *Aquaculture* 198: 55-61.
- Grayeb Del Alamo, T. 2001. Efecto de la densidad en el crecimiento de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (PERCOIDEI: SERRANIDAE) cultivada en jaulas flotantes. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. 119 pp.

- Heming, T. A., Buddington, R. K. 1988. Yolk absorption in embryonic and larval fishes, pp. 407-445. In Hoar, W. S., Randall, D. J. (eds.). Fish Physiology XIA. Academic Press. New York.
- Hempel, G. 1979. Early life history of marine fish. University of Washington USA. 70 pp.
- Hernández-Ceballos, D. E., Martínez-Díaz, S. F. 2001. Effect of culture conditions on the growth and lipid contents of two strains of *Nannochloris* sp. to be used in aquaculture. Hidrobiológica 11 (2) 1-6.
- Holliday, F.G.T. 1965. Osmoregulation in marine teleost eggs and larvae. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations 10:89-95.
- Holliday, F.G.T. 1969. The effects of salinity on the eggs and larvae of teleosts, pp. 292-311. In Hoar, W. S., Randall, D. J. (eds.), Fish Physiology I. Academic Press. New York.
- Holt, J., Godbout, R., Arnold, C. R. 1981. Effects of temperature and salinity on egg hatching and larval survival of red drum, *Sciaenops ocellata*. Fishery Bulletin 79 (3): 569-573.
- Houde, E.D. 1973. Some recent advances and unsolved problems in the culture of marine fish larvae. World Mariculture Society 3: 83-112.
- Houde, E. D. 1975. Effects of stocking density and food density on survival, growth and yield of laboratory-reared larvae of sea bream *Archosargus rhomboidalis* (L.) (Sparidae). Journal of Fish Biology 7: 115-127.
- Howell, B., Owen, R., Day, J., Ellis, T., Baynes, S. M. 1998. Early life stages of farmed fish pp. 27-55. In: Black, K., Pickering, A. D. (eds.), Biology of Farmed Fish.
- Hugues, P. B y Pepin, P. 1999. Interaction of rearing temperature and maternal influence on egg development rates and larval size at hatch in yellowtail flounder (*Pleuronectes ferrugineus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 56: 785-794.
- Jaworski, A., Kamler, E. 2002. Development of bioenergetics model for fish embryos and larvae during the yolk feeding period. Journal of Fish Biology. 60: 785-809.

- Jobling, M. 2001. Nutrient Partitioning and the Influence of Feed Composition on Body composition, pp. 354-371. In: Houlihan, D., Boujard, T., Jobling, M. (Eds.), Food Intake in Fish. Blackwell Science Ltd. Oxford, London.
- Johnson, D y Katavic, I. 1986. Survival and growth sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae as influenced by temperature, salinity and delayed initial feeding. Aquaculture 52: 11-19.
- Kamler, E. 1992. Early Life History of Fish an energetics approach. Chapman & Hall. New York, USA. 267 pp.
- Kashiwagi, M.; Yamada, N., Okada, Y., Nakamura, F., Kimura, S., Iwai, T. 1984. Some effects of temperature and salinity on developing eggs of the Threeline Grunt *Parapristipoma trilineatum* (Pisces: Haemulidae). Bulletin of the Faculty of Fisheries, Mie University. 11: 1-13.
- Kendall, A. W. Jr., Ahlstrom, E. H., Moser, H. G. 1984. Early life history stages of fishes and their characters, pp. 11-22. In: Moser, H.G., Richards, W. J., Cohen, D.M., Fahay, M.P., Kendall, A. W. Jr., Richardson, S. L. (eds.), Ontogeny and systematics of fishes American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No.1
- Kestemont, P., Baras, E. 2001. Environmental Factors and Feed Intake: Mechanisms and Interactions, pp. 131-145. In: Houlihan, D., Boujard, T., Jobling, M. (Eds.), Food Intake in Fish. Blackwell Science Ltd. Oxford, London.
- Kikuchi, K., Takeda, S. 2001. Present status of research and production of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, in Japan. J. App. Aquaculture 2: 165-175.
- Kjorsvik, E. y Holmefjord, I. 1995. Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) and Cod (*Gadus morhua*), pp. 169-196. In: Bromage, N. R., Roberts, R. J. (eds.), Broodstock management and egg and larval quality Blackwell Science, Oxford.
- Kucera, C.J., Faulk, C. K., Holt, G. J. 2002. The effect of parental acclimation to spawning salinity on the survival *Cynoscion nebulosus*. Journal of Fish Biology. 61: 726-738.
- Laborín-Rodríguez, M. G y Ramírez-Sevilla, R. 1995. Efecto de la temperatura en el crecimiento de eleuteroembriones y larvas de *Paralabrax maculatofasciatus* (Pisces:Serranidae) en condiciones de inanición. Zoología Informa. ENCB. IPN. No. 30: 13-22.

- Laurence, G., Howell, H. 1981. Embryology and influence of temperature and salinity on early development and survival of yellow flounder *Limanda ferruginea*. Marine Ecology Progress Series 6: 11-18.
- Lavens, P., Sorgeloos, P., Dhert, P., Devresse, B. 1995. Larval foods, pp. 373-397 In: Bromage N. R., Roberts, R. J. (eds.), Broodstock Management and Egg and Larval Quality. Blackwell Science Ltd, Great Britain.
- Leu, M. y. Chou, Y. H. 1996. Induced spawning and larval rearing of captive yellowfin porgy, *Acanthopagrus latus* (Houttuyn). Aquaculture 143: 155-166.
- Martínez-Díaz S., Martínez-Pecero, R., Rosales-Velázquez, M. O., Alvarado-Castillo, R., Pérez-España, H., Tucker, J. W. Jr. 2001. Voluntary Spawning, Early Development, and Completion of the Life of Spotted Sand Bass *Paralabrax maculatofasciatus* in the Laboratory. Journal of the World Aquaculture Society 32 (1): 122-129.
- Matus-Nivón, E., Ramírez-Sevilla, R., Martínez-Pecero, R. 1989. Descripción de la larva y juvenil del mojarrón *Calamus brachysomus* (Lockington) (Pisces: Sparidae). Investigaciones Marinas CICIMAR. 4 (2): 141-150.
- Matus-Nivón, E., Ramírez-Sevilla, R., Martínez-Pecero, R., Ortiz-Galindo, J. L. 1990. Potencial acuacultural de ocho especies de peces marinos del Pacífico Mexicano, con base en su biología temprana, pp. 68-74. In: De la Lanza, G., E., Arredondo-Figueroa, J. L. (eds.), La acuicultura en México: de los conceptos a la Producción. II. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Matus-Nivón, E., 1994. Primeras fases de vida de la sardina crinuda *Opithonema libertate* (Günther) (CLUPEIDAE). Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 88 pp.
- May, R. C. 1975. Effects of temperature and salinity on fertilization, embryonic development, and hatching in *Bairdiella icistia* (pisces: Sciaenidae), and the effect of parental salinity acclimation on embryonic and larval salinity tolerance. Fishery Bulletin 73 (1): 1-20.
- Mihelakakis, A., Kitajima, C. 1994. Effects of salinity and temperature on incubation period, hatching rate, and morphogenesis of the silver sea bream, *Sparus sarba* (Forsk., 1775). Aquaculture 126: 361-371.

- Mihelakakis, A., Yoshimatsu, T. 1998. Effects of salinity and temperature on incubation period, hatching rate and morphogenesis of the red sea bream. *Aquaculture International* 6: 171-177.
- Miller, D. J., Lea, R. 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. Calif. Fish. Game, Fish Bull. pp. 252-268.
- Naas, K. E., Naess, T., Harboe, T. 1992. Enhanced first feeding of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) in green water. *Aquaculture* 105: 143-156.
- Nehr, O., Blancheton, J. P., Alliot, E. 1996. Development of an intensive culture system for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae in sea enclosures. *Aquaculture* 142: 45-58.
- Nielsen, K. 1994. Animal physiology. Adaptation and environment. Cambridge University Press. 602 pp.
- Nortvedt, R., Mangor-Jensen, A., Waagbe, R., Norberg, B. 2001. Variability in egg composition in captive broodstock of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) from Iceland and Norway, pp. 260-262. In: Hendry, C.I., Stappen, G. I., Wille, M., Sorgeloos, P. (eds.), Larvi'01- Fish and Shellfish Larviculture Symposium. European Aquaculture Society, Oostende, Belgium. Special Publication No. 30.
- Ocampo-Cervantes J. A. 2002. Desarrollo gonádico y actividad reproductiva de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (TELEOSTEI: SERRANIDAE) en la bahía de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 78 pp.
- Ortíz-Galindo, J. L., Matus-Nivón, E., Ramírez-Sevilla, R., González-Acosta, B. 1990. Embrión, larva y prejuvenil del sol mexicano *Achirus mazatlanus* (Pisces: Soleidae). *Revista de Biología Tropical* 38 (2A): 195-204.
- Osorio-Galindo, M. 1998. Efecto de la temperatura y la salinidad en parámetros poblacionales de *Pseudodiaptomus euryhalinus* Johnson (Crustacea: Copepoda: Calanoidea) en condiciones controladas. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 68 pp.
- Payán-Aguirre, J.C. 1994. Aspectos biológicos-poblacionales de *Pseudodiaptomus euryhalinus* (Copepoda: Calanoidea) para su utilización en acuicultura. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 63 pp.
- Peña-Martínez, R. 2000. Histología e histoquímica del desarrollo ontogenético del tubo digestivo de larvas de la cabrilla arenera (*Paralabrax*

- maculatofasciatus*) (Percoidei: Serranidae). Tesis de Maestría. CICICMAR-IPN. 113 pp.
- Peña-Martínez, R., Dumas, S., Villalejo-Fuerte, M., Ortíz-Galindo, J. L. 2003. Ontogenetic development of the digestive tract in reared spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* larvae. *Aquaculture* 219: 633-644.
- Person-Le Ruyet, J., Baudin-Laurencin, F., Devauchelle, N., Métailler, R., Jean-Louis, N., Jean, R., Jean, G. 1991. Culture of turbot (*Scophthalmus maximus*), pp. 21-42. In: McVey, J. P, (ed.), *Finfish Aquaculture. Handbook of Mariculture II*. CRC Press, Inc.
- Peterson, R. H., Martin-Robichaud, D. J., Berge, A. 1996. Influence on temperature and salinity on length and yolk utilization of striped sea bass larvae. *Aquaculture International* 4: 89-103.
- Pillay, T.V.R. 2001. *Aquaculture principles and practices*. Fishing News books. pp. 575.
- Plumb, J. A. 2001. Overview of Warm-Water Fish Disease, pp 1-7. In Lim, C., Webster, C. (eds.), *Nutrition and Fish Health*. Food Products Press. Binghamton, New York.
- Post, G. 1987. *Textbook of fish health*. T.F.H Publications, Inc. United States. pp. 288 pp.
- Ramírez-Sevilla, R. 1994. Crecimiento larval de *Cynoscion parvipinnis* Ayres (Pisces:Scianidae) bajo condiciones controladas. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 9 (1): 59-62.
- Retain, K., Rainuzzo, J. R., Oie, G., Olsen Y. 1993. Nutritional effects of algal addition in first-feeding of turbot (*Scophthalmus maximus* L) larvae. *Aquaculture* 118: 257-275.
- Rodríguez-Salinas, P., Armendáriz-Villegas, E. J., Ortíz-Galindo, J. L., Rosales-Velázquez, M. O., Carrasco-Chávez, V., Antuna-Mendiola, A., Álvarez-González, C. A., Grayeb Del Alamo, T. 2003. Efecto de la temperatura en la absorción del saco vitelino y crecimiento en eleuteroembriones de la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus* Steindachner, 1868), p. 74. In *Resúmenes IX Congreso de la AIMAC* , Mayo 5-9 La Paz B. C. Sur. México.
- Rosales-Velázquez, M.O., Martínez-Pecero, R., Anguas-Vélez, B., Contreras-Olguín, M., Rodríguez-Morales, E. O. 1992. Inducción al desove de la

- cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner) (Pisces: Serranidae) mantenida en laboratorio, pp. . In III Congreso Nacional de Ictiología. 24-27 Noviembre. Oaxtepec, Morelos. México.
- Rosales-Velázquez, M.O. 1997. Efecto de la alimentación sobre los desoves de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Teleostei: Serranidae) mantenida en cautiverio. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. 62 pp.
- Rueda-Jasso, R. A. 1996. Nutritional effect of three microalgae and one cyanobacteria on the culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* Muller: 1986. Ciencias Marinas 22: 313-328.
- Sáenz-Quiroga, E. 1981. Matemáticas para economistas. Fondo de Cultura Económica, México 322 pp.
- Sampaio, L. A., Phonlor, G. 1996. Effects of stocking density on growth and survival of the marine silverside, *Odontesthes argentinensis* (Pisces: Atherinidae) larvae. Arq. Biol. Tecnol. 39(2): 443-449.
- Secretaría de Pesca. 1988. Lineamientos Normativos para Sanidad y Nutrición acuícola en México. 531 pp.
- Secretaría de Pesca. 1994. Atlas pesquero de México. Instituto Nacional de la Pesca. 234 pp.
- Shields, R.J. 2001. Larviculture of Marine Finfish in Europe. Aquaculture 2000: 55-88.
- Sokal, R. R., Rolph, F. J. 1981. Biometry. W.H. Freeman, San Francisco, USA. 859 pp.
- Tandler, A., Anav, F. A., Choshniak, I. 1995. The effect of salinity on growth rate, survival and swimbladder inflation in gilthead seabream, *Sparus aurata*, larvae. Aquaculture 135: 343-353.
- Thompson, D. A., Findley, L.T., Kerstitch, A. N. 2000. Reef Fishes of the sea of Cortez. The University of Arizona Press. 86 pp.
- Thomas, P., Arnold, C. R., Holt, C. G. 1995. Red Drum and other Sciaenids, pp. 118-137. In: Bromage, N., Ronald, R., Roberts, J., (eds.), Broodstock management and egg and larval quality Blackwell Science, Oxford.
- Tucker, J. W. 1994. Spawning by captive Serranid Fishes: A Review Journal of the World Aquaculture Society 25 (3): 345-359.

- Tucker, J.W., Jr. y Woodward, P.N. 1996. Nassau grouper aquaculture (Acuicultura de la cherna criolla), pp. 363-367. In F. Arreguín-Sánchez, J.L. Munro, M.C. Balgos y D. Pauly. (eds) Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers. ICLARM Conf. Proc.
- Tucker, J.W. Jr. 1998. Marine fish culture. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts. U.S.A. 750 pp.
- Walsh, W.A., Swanson, C., Lee, C. S. 1991. Combined effects of temperature and salinity on embryonic development and hatching of striped mullet, *Mugil cephalus*. Aquaculture 9: 281-289.
- Wang, Y. L., Binkowski, F. P., Doroshov, S. I. 1985. Effect of temperature on early development of white and lake sturgeon, *Acipenser transmontanus* and *A. Fulvescens*. Environmental Biology of Fishes 14 (1): 43-50.
- Watanabe, T. y Kiron, V. 1995. Red Sea Bream (*Pagrus major*), pp. 398-413. In: Bromage, N. R., Roberts, R. J. (eds.), Broodstock management and egg and larval quality. Blackwell Science, Oxford.
- Watanabe, W. O., Lee, C. S., Ellis, S. C., Ellis, E. P. 1995. Hatchery study of the effects of temperature on eggs and yolk sac larvae of the Nassau grouper *Epinephelus striatus*. Aquaculture 136: 141-147.
- Watanabe, W. O., Ellis, S., Ellis, E. P., Gracia-Lopez, V. 1996. Evaluation of First-Feeding regimens for Larval Nassau Grouper *Epinephelus striatus* and Preliminary, Pilot-Scale through Metamorphosis. Journal of the World Aquaculture Society 27 (3): 323-331.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. Third Edition. Prentice Hall. N. J. USA. 718 pp.

ANEXO I

Cuadro A.- Análisis de varianza bifactorial con datos transformados (arcoseno) del porcentaje sobrevivencia de huevos de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* hasta eclosión a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad.

Fuente de variación	G.L	SC	F	P
Temperatura	4	22927.7	225.9	< 0.001
Salinidad	2	55.506	1.09	NS
Interacción	8	242.55	1.19	NS
Dentro	30	761.07		
Total	44	23986.8		

Cuadro B.- Análisis de varianza y regresión del porcentaje de sobrevivencia de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, desde huevo hasta absorción del vitelo.

Fuente de variación	GL	SC	F	P
Temperatura	3	1182.9	6.36	<0.0025
Cuadrático	2	1182.9	9.55	<0.0025
Salinidad	2	8379.9	67.65	<0.0005
Lineal	1	8277.4	133.65	<0.0005
Interacción	6	402.7	1.08	NS
Dentro	24	1486.3		
Total	35	11451.9		

Cuadro C.- Análisis de varianza bifactorial que involucra el efecto combinado de la temperatura y la salinidad en la longitud notocordal de los eleuteroembriones de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Fuente de variación	GL	SC	F	P
Temperatura	3	1.473	12.94	<0.0005
Salinidad	2	1.563	20.615	<0.0005
Interacción	6	0.362	1.59	NS
Dentro	132	5.006		
Total	143	8.406		

Cuadro D.- Análisis de varianza para observar el efecto de la densidad de siembra y edad sobre la longitud patrón de las larvas de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Fuente de variación	GL	SC	F	P
Densidad	2	6.34	1.41	NS
Edad	8	8569.5	479.2	<0.0005
Interacción	16	35.75	0.99	NS
Dentro	378	844.9		
Total	404	9456.6		

Cuadro E.- Valores promedios de longitud total, longitud patrón y peso en especímenes de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el intervalo de 4 a 29 días de edad.

Días	LT (mm)	S	LP(mm)	S	W (mg)	s	N
4	2.6539	0.1780	2.5027	0.1742	0.09	0.022	45
6	3.1808	0.2776	2.9878	0.2682	0.197	0.025	45
8	3.5028	0.3603	3.3084	0.3382	0.4155	0.1566	45
10	3.9828	0.4043	3.7259	0.3736	0.5733	0.2300	45
12	4.3929	0.3915	4.1504	0.383	0.7177	0.3047	45
14	4.7627	0.3884	4.5082	0.3645	1.1266	0.4041	45
16	5.3286	0.5379	4.8946	0.3635	1.5688	0.6037	45
22	9.138	2.3282	7.6088	1.8389	11.3577	8.2589	45
29	22.6622	4.8932	18.1563	4.0022	171.18	93.3501	45

Cuadro F.- Análisis de varianza para observar el efecto de la densidad de siembra y edad sobre el peso durante el periodo larvario de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*.

Fuente de variación	GL	SC	F	P
Densidad	2	0.501	4.37	<0.025
Edad	8	372.08	811.2	<0.001
Interacción	16	0.87	0.94	NS
Dentro	54	309		
Total	80	376.5		

Cuadro G.- Peso (mg) promedio de las larvas de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en tres densidades de siembra (20, 40 y 60 larvas/l).

Día	20 larvas/l	40 larvas/l	60 larvas/l
4	0.11 ± 0.11	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.02
6	0.19 ± 0.11	0.19 ± 0.03	0.21 ± 0.03
8	0.45 ± 0.12	0.45 ± 0.15	0.34 ± 0.17
10	0.67 ± 0.30	0.58 ± 0.15	0.47 ± 0.17
12	0.75 ± 0.27	0.69 ± 0.39	0.71 ± 0.24
14	1.15 ± 0.41	1.13 ± 0.25	1.11 ± 0.55
16	1.59 ± 0.63	1.43 ± 0.54	1.68 ± 0.64
22	16.13 ± 10.82	9.9 ± 6.71	8.04 ± 3.69
29	185.45 ± 72.67	156.93 ± 101.0	171.18 ± 106.41

n = 15

ANEXO II

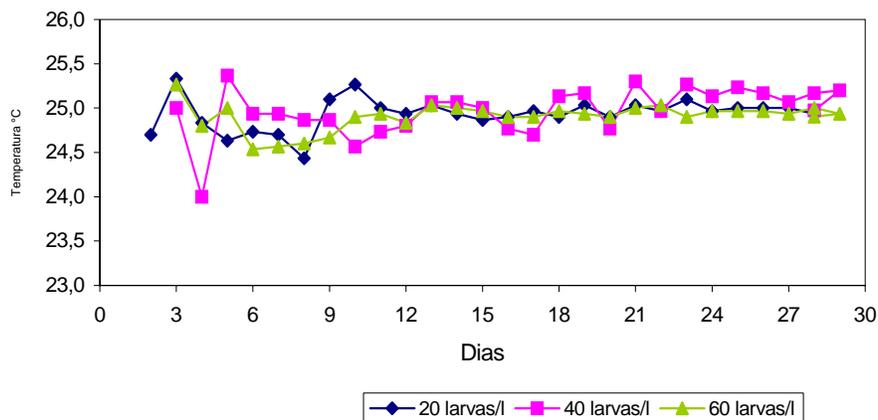


Figura A.- Valores promedios de la temperatura registrada durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l)

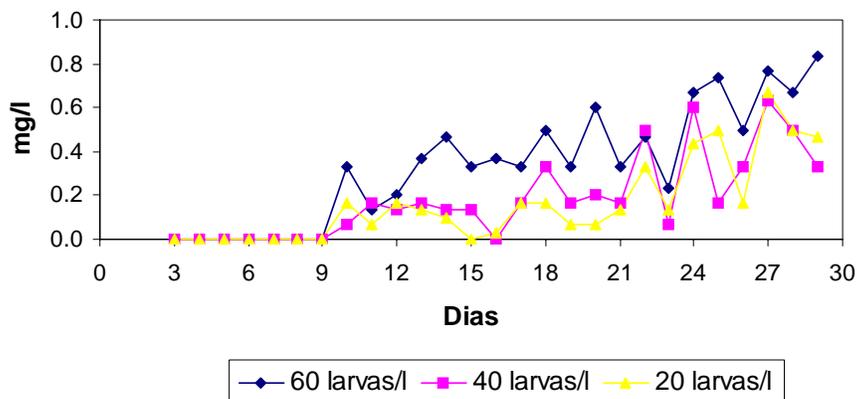


Figura B.- Concentración de amonio total durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).

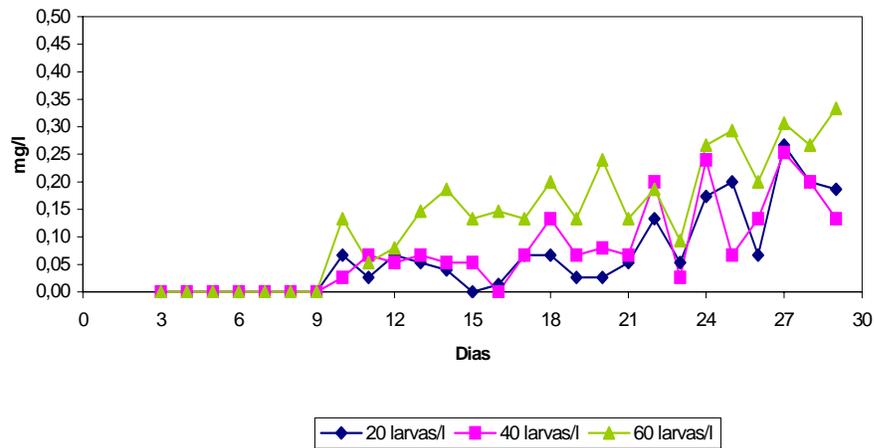


Figura C.- Concentración de amonio no ionizado durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).

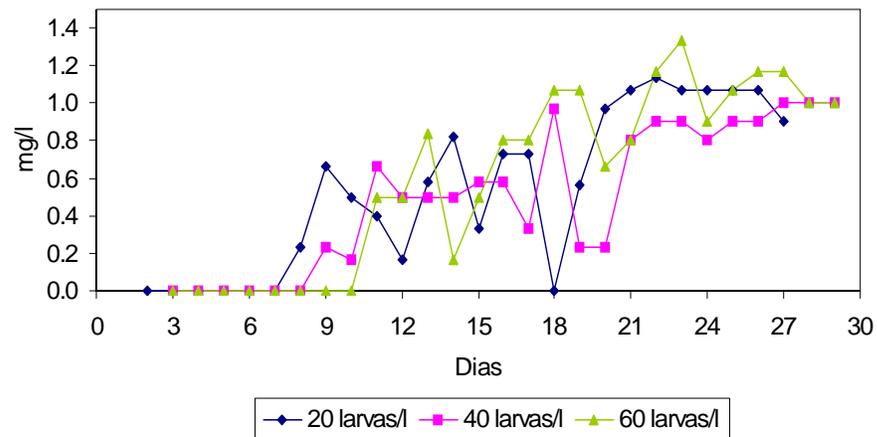


Figura D.- Concentración de nitrito registrada durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).

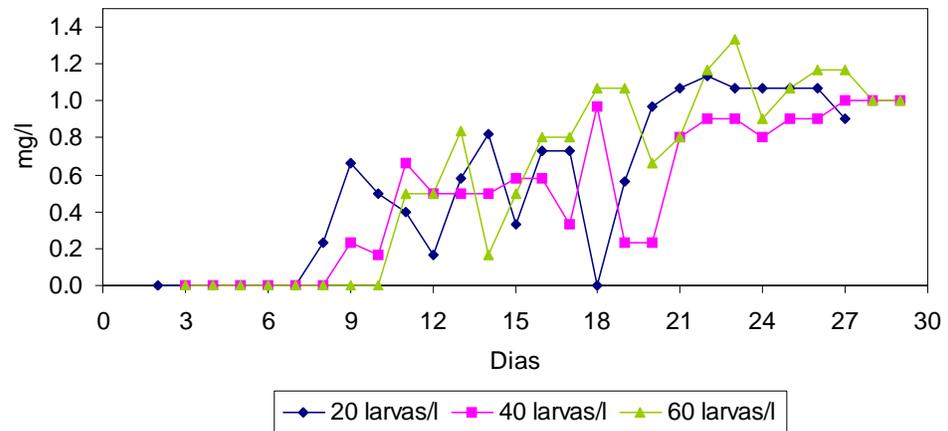


Figura E.- Concentración de oxígeno disuelto registrada durante la cría larvaria de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en diferentes densidades de siembra inicial (20, 40 y 60 larvas/l).