

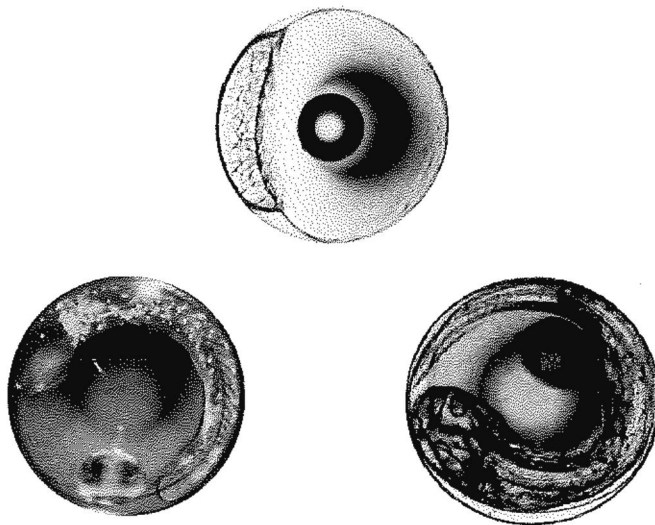


UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



027867

DESCRIPCION DEL DESARROLLO
EMBRIONARIO DE TOTOABA
(*Totoaba macdonaldi*) BAJO CONDICIONES
DE LABORATORIO



TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA:
Cecilia Morales Ortiz

Ensenada , Baja California. Junio de 1999.

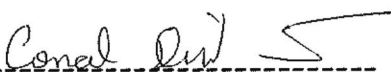
**DESCRIPCION DEL DESARROLLO EMBRIONARIO DE
TOTOABA (*Totoaba macdonaldi*) BAJO
CONDICIONES DE LABORATORIO**

TESIS

QUE PRESENTA:

CECILIA MORALES ORTIZ.

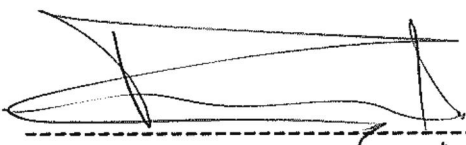
Aprobada por:



M.C. Conal David True.
Presidente del jurado.



OC. Norberto Castro Castro.
Sinodal Propietario



M.C. Roberto Escobar Fernández.
Sinodal Propietario

DESCRIPCION DEL DESARROLLO EMBRIONARIO DE
TOTOABA (*Totoaba macdonaldi*) BAJO
CONDICIONES DE LABORATORIO

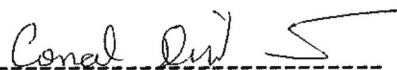
027867

TESIS

QUE PRESENTA:

CECILIA MORALES ORTIZ.

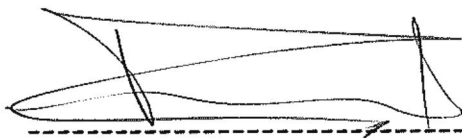
Aprobada por:



M.C. Conal David True.
Presidente del jurado.



OC. Norberto Castro Castro.
Sinodal Propietario



M.C. Roberto Escobar Fernández.
Sinodal Propietario

RESUMEN

Se describe el desarrollo embrionario de Totoaba (*T. macdonaldi*) desde que el huevo es fecundado, hasta que los embriones de vida libre consumen su saco vitelino en condiciones de laboratorio, a una temperatura de 26 °C y salinidad de 35 ppm. La Totoaba presenta un desarrollo embrionario temprano, medio y tardío con duración de 6.0, 4.0 y 10.5 horas respectivamente, con un diámetro promedio de huevo de 826.9 micras; eclosiona en 20.5 horas; el embrión de vida libre en el momento de la eclosión mide 2 mm y el tiempo de terminación del saco vitelino es de 62.3 hrs, tiempo en el cual alcanza una longitud total de 2.52 mm. Presenta un patrón de pigmentación característico de la especie llamado banda caudal y su desarrollo embrionario coincide con los demás Sciánidos de ésta familia actualmente descritos.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO.....	8
MATERIALES Y METODO.....	9
RESULTADOS.....	13
I) ESTADIOS DEL DESARROLLO EMBRIONARIO.....	13
i) DESARROLLO EMBRIONARIO TEMPRANO.....	17
ii) DESARROLLO EMBRIONARIO MEDIO.....	18
iii) DESARROLLO EMBRIONARIO TARDIO.....	18
II) ESTADIOS DE DESARROLLO DEL EMBRION	
EN VIDA LIBRE.....	28
e) TEMPRANO.....	28
ee) MEDIO.....	30
eee) TARDIO.....	32
DISCUSIONES.....	44
CONCLUSIONES.....	51
LITERATURA CITADA.....	52

DEDICATORIA

A Dany mi pedacito de luna moreno;

Las princesas primorosas, tan hermosas como tú
cortan lirios, cortan rosas, cortan astros
Son así.

A Gerardo;

Me gusta cuando callas
por que estás como ausente,
y me oyes desde lejos y
mi voz no te toca.

A mis Padres;

Para mi corazón basta tu pecho,
para tu libertad bastan mis alas.
Desde mi boca llegaría hasta el cielo
Lo que estaba dormido sobre tu alma.

A Vis;

Los amorosos callan,
El amor es el silencio más fino,
Los amorosos buscan
Su corazón les dice que nunca han de encontrar,
No encuentran, buscan.
Los amorosos son la hidra del cuento.

A mis abuelos.....

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de Tesis se realizó gracias al apoyo de la U.A.B.C. por medio de la Facultad de Ciencias Marinas y al Sistema de Investigación del Mar de Cortes a través del Proyecto Desarrollo de la biotecnología de cultivo y repoblamiento de *Totoaba macdonaldi* "Especie en vías de extinción" con clave número 970106009.

Muy especialmente al M.C. Conal David True, por ser más que maestro, guía antes y durante la realización de esta Tesis; por el tiempo que me ha dedicado para llevarla a cabo y por la paciencia.

Al Oc. Norberto Castro por sus acertados comentarios y aportaciones para enriquecer el trabajo y sus enseñanzas.

Al M.C. Roberto Escobar por el tiempo que dedicó para revisar mi trabajo, su interés y recomendaciones.

A Gerardo, sin tu ayuda, paciencia y cariño no termino la tesis.

A Dany preciosa, gracias por las sonrisas que me alientan a seguir. TE AMO

A mis papás por la confianza, el apoyo y cariño.

A Cecilia Ortiz Luna, GRACIAS por dedicarme tu vida y tu amor.

A Vis, por tu apoyo y cariño; aún en la distancia sigo tus pasos.

A Leslie, Sandra y Raquel por brindarme el tesoro de su amistad y ser un ejemplo de tenacidad.

A Raquel y Alex (ninos), Gaby (nano) y Norma (nana) por cuidar y querer a mi chaparra y por su amistad.

A toda la gente que de una u otra forma me ha tendido una mano amiga.

A mis abuelos, por cuidarme y quererme donde quiera que se encuentren.

LISTA DE TABLAS

TABLA I.- Tabla descriptiva del desarrollo embrionario de Totoaba (*T. macdonaldi*). En la columna de la izquierda se observa la secuencia de imágenes desde que el huevo es fertilizado hasta el momento de la eclosión, en medio el tiempo en horas y en la columna de la derecha la descripción.....21.

TABLA II.- Tabla descriptiva del desarrollo del embrión de vida libre de *T. macdonaldi* donde se observa en la columna de la izquierda la secuencia de imágenes desde que eclosiona hasta que termina el saco vitelino, en el centro el tiempo en horas y a la derecha la descripción y nombres de las estructuras.....38.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.- Diámetro de huevo de *T. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm. 14
- Figura 2.- Diámetro de la gota de aceite en embriones de *T. macdonaldi* antes de eclosionar bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm. 15
- Figura 3.- Consumo del saco vitelino por embriones de *T. macdonaldi* antes de eclosionar bajo condiciones de laboratorio a 26 °C. y 35 ppm. 16
- Figura 4.- Incremento en la longitud total de embriones de vida libre de *T. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm. 29
- Figura 5.- Aumento en el ancho de cabeza de *T. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm. 31
- Figura 6.- Consumo del saco vitelino por embriones de *T. macdonaldi* después de eclosionar bajo condiciones de laboratorio a 26°C y 35 ppm. 33
- Figura 7.- Consumo de la gota de aceite por embriones de *T. macdonaldi* después de eclosionar bajo condiciones de laboratorio a 26°C y 35 ppm. 34
- Figura 8.- Crecimiento de las aletas pectorales de embriones de *T. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26°C y 35 ppm. 35

Figura 9.- Crecimiento del ojo en embriones de *T. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26°C y 35 ppm. 37

INTRODUCCION

Aunque existe una gran gama de especies marinas que pueden ser aprovechadas por el hombre, solo son explotadas unas cuantas, de las cuales algunas debido a sus propiedades llegan a tener alto valor comercial, por lo cual son víctimas de sobreexplotación.

La Totoaba (*Totoaba macdonaldi* (Gilbert 1890)) en los años 60s llegó a cotizarse a un alto precio y presentar una pesquería importante para el Golfo de California del cual es endémico. Desafortunadamente la sobreexplotación y mal manejo del recurso, lo han llevado a estar hoy en la lista de especies amenazadas de extinción (Cites, 1976; IUNIC, 1986; NMFS, 1991) citado por Barrera Guevara et al., 1994).

La Totoaba es el pez de mayor talla de la familia Scianidae llegando a medir hasta 2 m de largo (Berdegue, 1955) y a pesar alrededor de 135 Kg. (Cannon, 1966). Su distribución va desde la desembocadura del Río Colorado, hasta Mulegé en la costa de la Península de Baja California y en la costa continental desde el mencionado río hasta el sur de las costas de Mazatlán Sinaloa (Berdegue, 1955).

Su pesquería comercial y deportiva fué una de las más importantes del

país a principios de siglo, tanto que fué la responsable del desarrollo de tres poblaciones en la costa del Alto Golfo de California; San Felipe en Baja California y Puerto Peñasco y Santa Clara en Sonora (Berdegue, 1955).

La Totoaba presenta migraciones estacionales; en verano nada hacia la desembocadura del Río Colorado donde encuentra un ambiente propicio para su reproducción (Flanagan y Hendrickson, 1976) y cuando termina la época de reproducción en otoño, regresa al sur donde espera hasta el siguiente año; estas migraciones son las que los pescadores aprovechaban para pescarla y extraer su vejiga natatoria a la que comúnmente llamaban "buche", que se usó como espesante en una sopa estilo oriental que se exportaba hacia Estados Unidos y Oriente donde con el nombre de "Seen Kow" llegó a tener tal demanda que alcanzó el precio de hasta 5 Dlls. la libra; en contraste, como la carne del pez no presentaba tan alto valor comercial se dejaba podrir en la playa, reportándose incluso toneladas (Chute, 1928) (Berdegue, 1955).

Sin embargo la sobreexplotación y poco cuidado del recurso llevaron al colapso de su pesquería como resultado de la sobrepesca, pérdida de las condiciones favorables para el desove y reclutamiento de juveniles (disminución considerable del aporte de agua dulce del Río Colorado) y falta de reproductores como consecuencia de la pesca excesiva que de producir

2261 toneladas en 1942 bajó hasta 58 en 1975 (Flanagan y Hendrickson, 1976).

Por todo lo anterior en 1975 la Totoaba se declara especie en veda total y al declararse el alto Golfo de California y el Delta del Río Colorado como Reserva de la Biosfera en 1991; se trata de garantizar la sobrevivencia de ésta especie entre otras terrestres y marinas que se consideran: endémicas, raras, amenazadas y en peligro de extinción (Salinas, C., 1993).

La pesca de Totoaba que ha existido desde 1920 y declinó hacia los 40's (Flanagan y Hendrickson 1976 citado en Cisneros-Mata *et al.*, 1995) se ha incrementado hoy como pesca incidental afectando principalmente a los preadultos (Oc. Pedrín Instituto Nacional de Pesca citado en Cisneros-Mata *et al.*, 1995). La pesca incidental de Totoaba se puede clasificar en:

- Redes de pesca de camarón que afectan a juveniles de entre 1-2 años
- Redes de pesca comercial que afectan principalmente a adultos de 6 años.
- Pesca deportiva afectando a preadultos de entre 3 y 5 años.

Dos décadas después de originada la pesquería del camarón fue considerada el mayor peligro hacia la población de Totoaba (Berdegué, 1955

citado en Cisneros-Mata, 1995), aunque en un principio fue positiva por que las altas ganancias hicieron que muchos pescadores cambiaran de Totoaba a camarón; lo que parcialmente explica el decaimiento en la pesquería comercial entre los 40's y 50's; en las siguientes dos décadas se convirtió en pesquería estacional puesto que en octubre y diciembre se pescaba camarón y de enero a marzo Totoaba (Avalos-Hernández, 1974 citado en Cisneros-Mata, 1995) y con la veda en la pesca de Totoaba se convirtió en pesca incidental y furtiva que se favorece con el aislamiento geográfico de los puertos y las granjas pesqueras (Cisneros-Mata, 1995), la cual tiene su mejor ejemplo en la oferta de Totoaba en restaurantes de Estados Unidos y México tan recientemente como en 1992 (Anderson y Hermann, 1993 citado en Cisneros -Mata, 1995).

Aún siendo la Totoaba (*T. macdonaldi*) un pez muy explotado y ahora declarado en peligro de extinción, no existe suficiente información sobre él. Nakashima (en Jordán, 1916) describe su morfología básica y hábitos de vida (Incluyendo época de reproducción), Berdegue (1955, 1956) presenta un trabajo extensivo de su biología donde mediante lectura de escamas estima rangos de crecimiento, también estudia sus hábitos alimenticios mencionando finalmente lo preocupante que resulta el que la especie peligre, Sotomayor (1970a, 1970b) reitera lo mencionado por Berdegué. Arvizu y Chavez (1972)

reportan nuevos conceptos sobre su biología, Avalos-Hernandez (1974) analiza la pesquería (capturas y esfuerzo) concluyendo que está íntimamente ligada a la pesca del camarón y que se requieren más estudios; ya en algo más específico Guevara Escamilla (1974) habla sobre ecología de juveniles en el "V Congreso Nacional de Oceanografía". No fué hasta 1976 que Flánagan y Hendrickson analizan estadísticamente tres causas del colapso de la pesquería, basándose en datos de capturas anuales y flujos de Río Colorado, llegando a la conclusión de que las causas más importantes fueron en ese orden: la sobrepesca, pérdidas de áreas de cría y de zonas de reproducción. Proponen investigar a fondo la administración del recurso e incluso sugieren la implementación del cultivo para repoblamiento, reportando altas probabilidades de extinción para el año 2000; por último Morales (1980) en un artículo de divulgación reporta pesca clandestina 5 años después de la imposición de la veda y la menciona como una especie en deterioro.

ANTECEDENTES:

Sobre el desarrollo embrionario de Totoaba (*T. macdonaldi*) no existe ningún trabajo previo a éste, sin embargo sobre otros peces de la misma familia se ha descrito todo el ciclo biológico.

Los huevos de los sciánidos son esféricos y tienen un diámetro que va desde 0.6 mm en *Cynoscion nebulosus* (Holt *et al.*, 1998) Trucha de mar (Secretaría de Industria y Comercio, 1976) hasta 1.3 mm en *Atractoscion nobilis* (Holt citado en Bromage, 1995) Corvina Blanca (Escobar-Fernández y Siri, 1997), aunque los diámetros varían dentro de la misma especie como en *Sciaenops ocellatus* Corvina (Secretaría de Industria y Comercio, 1976) que van desde 0.9 a 1.0 mm. Son desovados y fertilizados en la noche y desarrollan un embrión completamente formado y listo para eclosionar entre 18 y 29 horas, dependiendo de la temperatura del agua (Holt *et al.*, 1981) (Holt, 1985). Los patrones básicos de desove y desarrollo del huevo en la familia Scianidae son similares en muchos sciánidos con una división temprana esencial de 2 horas y desarrollo de embrión temprano en 12 (Bromage, 1995).

Los sciánidos se caracterizan por tener embriones pequeños al nacer con longitudes entre 1.5 y 2.5 mm, desarrollo rápido (en pocos días se terminan el saco vitelino y requieren de una fuente externa de nutrientes) y una tasa de crecimiento promedio de 0.2 mm por día durante las primeras dos semanas (Lee, 1984) citado en Bromage, 1995).

Este es el primer trabajo en el que se describe el desarrollo embrionario de Totoaba (*T. macdonaldi*), con el objetivo de enriquecer los

conocimientos sobre el organismo, realizando una descripción morfológica que identifique claramente a la Totoaba en sus diversas etapas del desarrollo embrionario. Lo anterior permite tener una base sólida para la identificación de estas fases de desarrollo embrionario de Totoaba en estudios de campo y así mismo caracterizar e identificar sus períodos críticos de desarrollo para el cultivo en cautiverio.

OBJETIVOS

GENERAL:

•Describir el desarrollo embrionario de Totoaba (*T. macdonaldi*) bajo condiciones de laboratorio a una temperatura de 26 °C. y una salinidad de 35 ppm.

PARTICULARES:

•Encontrar las siguientes medidas del espécimen: diámetro del huevo, diámetro de la gota de aceite, diámetro del saco vitelino, ancho de la cabeza, diámetro del ojo, longitud total y longitud de las aletas pectorales, durante el desarrollo embrionario temprano, medio y tardío y desarrollo del embrión de vida libre bajo condiciones de laboratorio.

•Determinar los tiempos de aparición de las diferentes divisiones celulares, tiempo y patrón de aparición de los pigmentos, y tiempos en los que ocurren los cambios más importantes del desarrollo embrionario temprano, medio y tardío y desarrollo del embrión de vida libre, en condiciones de laboratorio.

•Establecer las características particulares del desarrollo de la Totoaba (*T. macdonaldi*), patrones de crecimiento, pigmentación y comportamiento en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y METODO

En las instalaciones de la Facultad de Ciencias Marinas, se mantuvieron en condiciones controladas de luz y temperatura, simulando las condiciones naturales del Golfo de California a 10 organismos adultos de Totoaba (*T. macdonaldi*) desde verano de 1994, para lograr su maduración y desove. En el momento del desove se tenían funcionando dos estanques cada uno con cinco organismos adultos sexados; en el estanque del cual proviene el desove utilizado en el experimento se encontraban dos machos y tres hembras de los cuales no se supo cuantos y cuales desovaron.

El desove se colectó en un concentrador que se encuentra a la misma temperatura que el estanque de los reproductores, se separaron los huevos viables de los no viables por diferencia de densidades (los huevos fértiles presentan flotación neutra) (Mcvoy, 1984 citado en Bromage, 1995), se desinfectaron con formol 1 %; se separaron hasta llegar a una densidad de siembra de 1 huevo por mililitro y se aclimataron paulatinamente a la temperatura del experimento (26 °C).

El estudio se hizo en un sistema de agua cerrado, manteniéndolo a 26 °C. Se determinó que esta temperatura está dentro del rango de la más

adecuada mediante un experimento preliminar utilizando temperaturas de 15, 25 y 29 °C en el que se evaluó el porcentaje de eclosión y el tiempo de absorción del saco vitelino.

Los depósitos donde se mantuvieron los organismos se pusieron a baño maría en una cuba a temperatura constante (26 °C) para lo que se utilizó un termostato de paso marca Aqua Netics (Electronic Thermostat Heater) conectado a una bomba Little Giant Modelo 4-MD-SC; se verificó la temperatura con un termómetro de mercurio. La salinidad que se mantuvo a 35 ppm se midió cada 4 horas con un refractómetro de campo Bio-Marine Aquafauna Modelo ABMTC. Para mantener la circulación dentro de los contenedores se utilizaron piedras aeradoras de sílice con flujo constante de aire y así homogeneizar la temperatura y la salinidad, además de mantener buenos niveles de oxígeno.

Para describir a los especímenes se tomaron fotografías; primero del huevo y después del embrión mediante un sistema de cámara fotográfica Pentax 35 mm conectada al microscopio compuesto. Cuando el tamaño de los organismos aumentó se procedió a usar una cámara de vídeo Sony conectada a un microscopio estereoscópico, grabando en un Videocasete las imágenes. Los intervalos de tiempo entre cada fotografía o vídeo se determinaron

sobre la base de la rapidez en los cambios del organismo; al principio fueron pequeños puesto que se dan grandes cambios en poco tiempo, pero conforme se desarrolló el organismo se espaciaron cada vez más pues los grandes cambios externos se observan más lentos.

Las fotografías y el vídeo se tomaron en diferentes ángulos y aumentos, obteniendo como mínimo 3 organismos en cada tiempo.

Las variables que se midieron fueron:

- Diámetro del huevo
- Diámetro de la gota de aceite
- Diámetro del saco vitelino
- Ancho cabeza
- Diámetro del ojo
- Longitud total
- Longitud de la aleta pectoral

Las variables monitoreadas fueron:

- Tiempo de aparición de las diferentes divisiones y estadios celulares.
- Tiempo y patrón de aparición de pigmentos.
- Desarrollo y comportamiento del embrión.
- Desarrollo y comportamiento del embrión de vida libre.

El desarrollo del embrión y embrión de vida libre fue monitoreado mediante observación directa con un microscopio compuesto y microscopio estereoscópico; las medidas se tomaron con un micrómetro ocular calibrado con una reglilla micrométrica.

El final del experimento lo marcó la presencia de boca funcional y terminación del saco vitelino.

Para analizar las imágenes se utilizó un Escáner Asstra 1200s utilizando el Software UTHSCSA Image Tool Windows 97 por medio del cual se grabaron en un disco compacto removible PhaseWriter Dual y se pasaron por filtros mediante el Software Corel Photo-Paint 7 Windows 97 para mejorar la resolución de la imagen.

Análisis estadístico:

Se realizaron regresiones lineales para ajustar los datos y observar el patrón de crecimiento o consumo en cada una de las variables estudiadas, se obtuvo una ecuación $y=mx+b$ que describe el comportamiento de la variable en diferentes tiempos. También se determinaron los coeficientes de correlación para cada caso (r^2) como una estimación de la aproximación de los datos a la ecuación promedio calculada.

RESULTADOS

I) ESTADIOS DEL DESARROLLO EMBRIONARIO

Los huevos de Totoaba (*T. macdonaldi*) son esféricos, transparentes, de yema homogénea y espacio previtelino bien definido; miden 826.90 micras (Figura 1), con un diámetro máximo y mínimo de 864 y 780 micras respectivamente. Los huevos presentan una gota de aceite de diámetro bien delimitado antes de eclosionar que mide 221 micras (Figura 2), con un máximo de 264 y un mínimo de 168, aunque en algunos casos existen varias gotas de aceite en los cuales los diámetros son menores. El diámetro de los huevos y la gota de aceite no varía durante el desarrollo embrionario (Figura 1 y 2), en comparación al saco vitelino que muestra un consumo constante (Figura 3).

A continuación se describe el desarrollo embrionario del organismo, el cual se ha clasificado en:

i) Temprano: Desde la fecundación del óvulo hasta el final de la gastrulación.

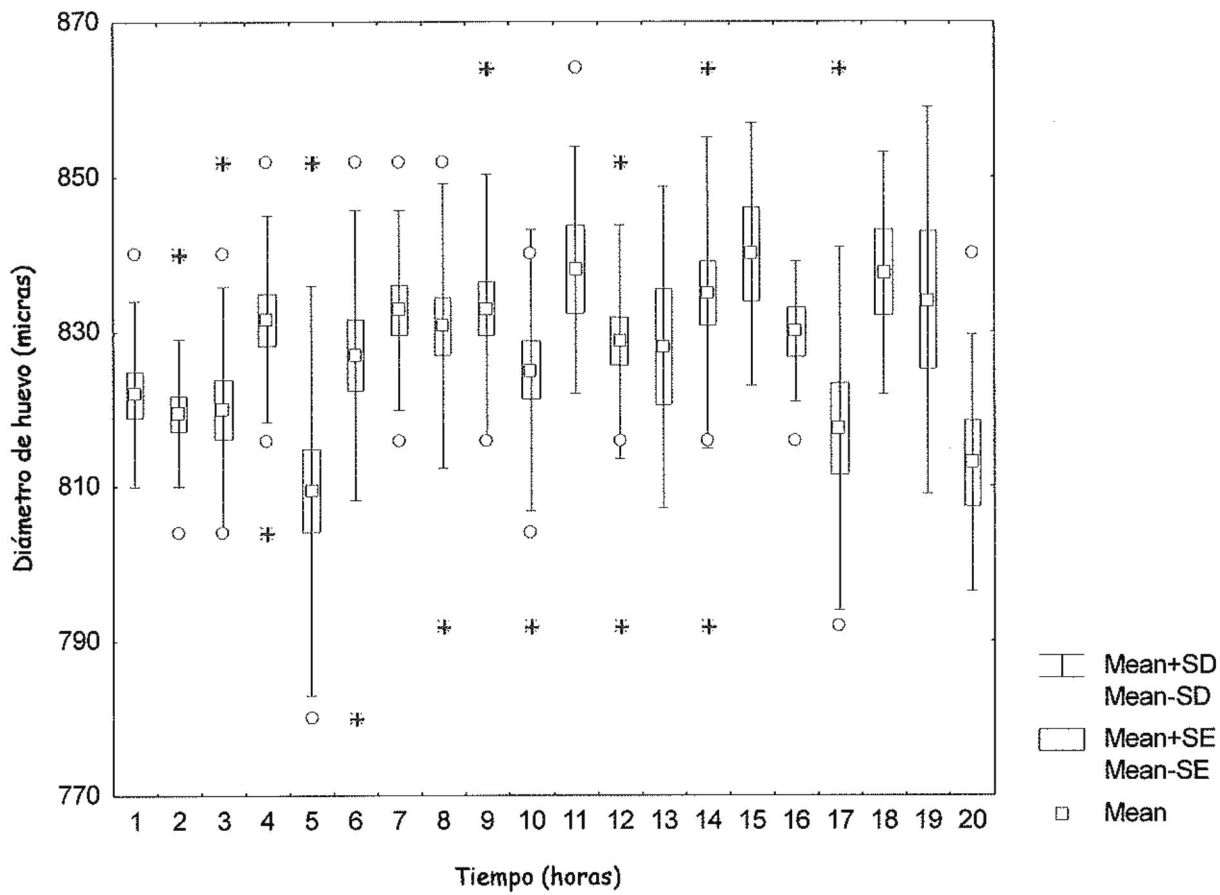


Figura 1.- Diámetro de huevo de *E. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm.

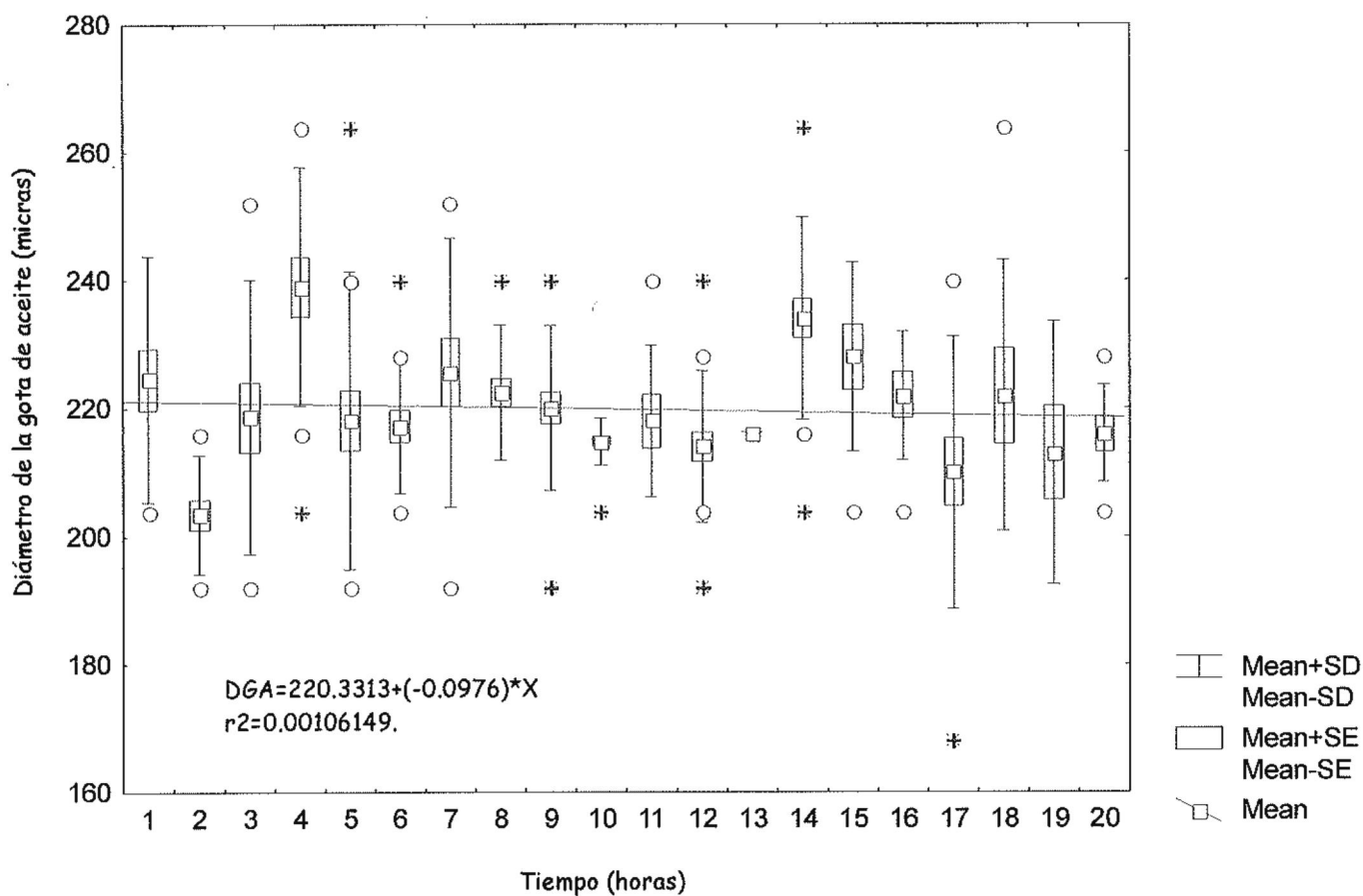


Figura 2.-Diámetro de la gota de aceite en embriones de *E. macdonaldi* antes de eclosionar bajo condiciones de laboratorio a 26 ° C y 35 ppm.

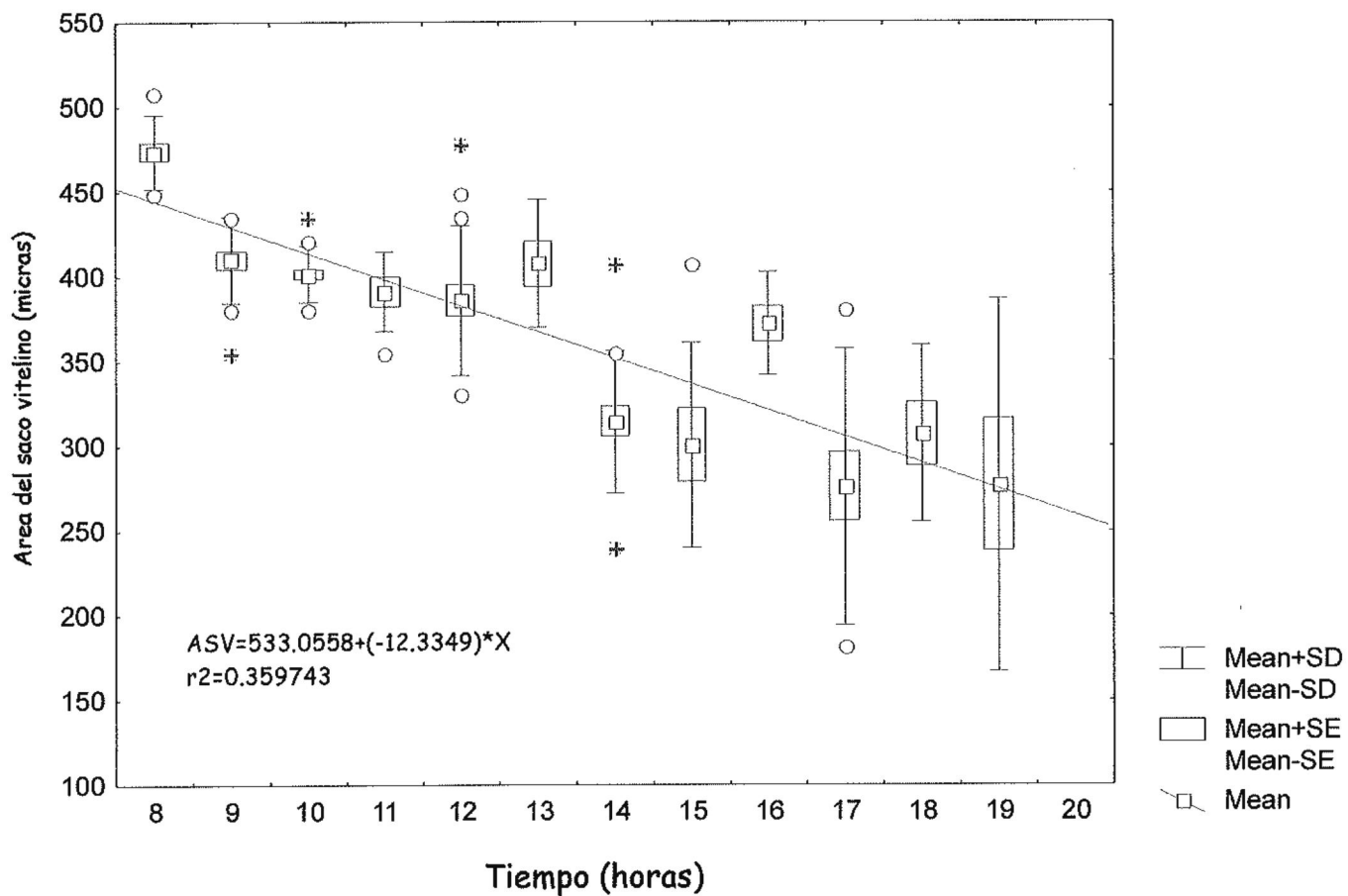


Figura 3.-Consumo del saco vitelino por embriones de *E. macdonaldi* antes de eclosionar bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm.

ii) Medio: Formación total del tubo neural y presencia de los primeros miómeros

iii) Tardío: Formación de todos los órganos internos, aparición de los primeros pigmentos y liberación primero de la cola y después del embrión dentro del huevo, para finalizar con la eclosión.

i) DESARROLLO EMBRIONARIO TEMPRANO

El huevo de Totoaba como en todos los peces presenta un desarrollo telolecítico, con división meroblástica.

El desarrollo embrionario temprano a 26 °C y 35 ppm, en condiciones de laboratorio dura aproximadamente 6 horas (Tabla I).

Desde que se lleva a cabo la fertilización hasta una hora después ha pasado por gran número de divisiones celulares, desde 2 hasta blástula, que presenta claramente diferenciado el polo vegetativo del polo animal, y siempre se observa la gota de aceite color amarillo claro embebida en el huevo (Tabla I A1).

A las 3.9 horas se nota el principio de la gastrulación con el labio dorsal del blastoporo bien diferenciado, pasando a gastrula media (4.4 horas) y tardía (5.2 horas), como señales se aprecian la invaginación e inicio del cierre del blastoporo (Tabla I A2).

ii) DESARROLLO EMBRIONARIO MEDIO

Entre 6.7 y 8.1 horas ocurre la neurulación (Tabla I A3), que comienza con la formación del notocordio, definición de la placa sensorial y finalmente la formación de las protuberancias ópticas, tapón vitelino y el blastoporo presente; todavía no se observan miómeros o cromatóforos.

El desarrollo embrionario medio finaliza con las protuberancias ópticas y la zona caudal bien diferenciadas, contándose ya de 3 a 5 miómeros totalmente formados (Tabla I A4).

iii) DESARROLLO EMBRIONARIO TARDIO

Entre 10.9 y 13.5 horas después de la fecundación, aparece una zona de cromatóforos en el área cefálica (Tabla I A5) que con el tiempo se dispersa a lo largo del cuerpo pero sin dejar de ser dominante en esta zona.

El saco vitelino está ya bien formado y el número de miómeros varía de 8 hasta 24 dependiendo de la madurez del embrión, que casi en todos los casos ocupa ya 2/3 partes de la circunferencia del huevo en el que su porción caudal se ha comenzado a separar del saco vitelino (Tabla I A5).

Entre 14.6 y 17.3 horas ya se han formado en la cabeza los lóbulos ópticos y la lente del ojo. La porción caudal le da la vuelta al huevo, empieza a torcerse y ya se ha formado una "membrana caudal" (Tabla I A6) que en un futuro será la aleta caudal.

Entre las 17.9 y 20 horas el conjunto de cromatóforos de la cabeza sigue bien definido y ha aparecido una zona de cromatóforos en forma de anillo en la zona caudal, la cual se nombró "banda caudal" (Tabla I A7).

En los lóbulos ópticos los ojos están totalmente formados y atrás de ellos las cápsulas ópticas. Se pueden contar de 23 a 30 somitas y el embrión dentro del huevo presenta movimientos musculares que lo hacen girar sobre su propio eje, con lo que se ve que ya está libre y listo para eclosionar (Tabla I A8).

Después de 20.5 horas de haber sido fecundado el huevo y a una temperatura de 26° C comienza la eclosión (Tabla I A8), para lo cual el embrión ejerce presión con su parte caudal y la cabeza sobre un mismo punto

para romper el corion, utilizando como apoyo el huevo; una vez eclosionado el embrión, ahora de vida libre presenta períodos alternados de reposo (flotación ventral a la deriva) y natación volviéndose cada vez más activo.

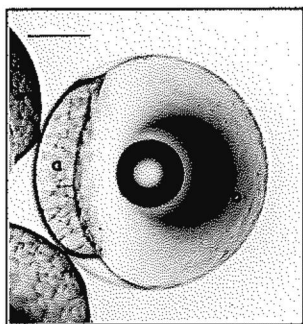
TABLA I.- Tabla descriptiva del desarrollo embrionario de Totoaba (*T. macdonaldi*)
 En la columna de la izquierda se observa la secuencia de imágenes desde que el huevo es fertilizado hasta el momento de la eclosión, en medio el tiempo en horas y en la columna de la derecha la descripción.

DESARROLLO EMBRIONARIO

Fotos

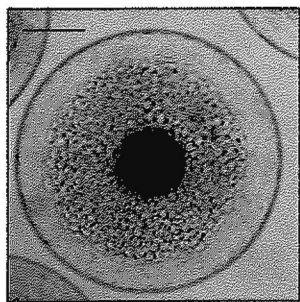
Tiempo
(horas)

Descripción



Vista lateral de la blástula, donde apreciamos, claramente diferenciado el polo vegetal (a) del animal (b).

1



Blástula en vista dorsal, observándose los micrómeros (células pequeñas) bien definidos.

A1

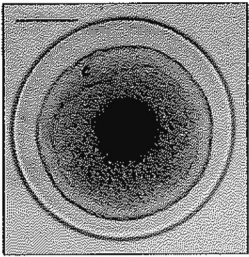
ESCALA

—
240 micras

Fotos

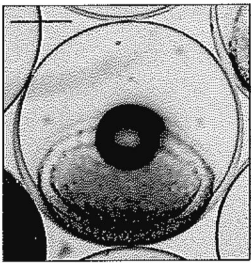
Tiempo
(Horas)

Descripción

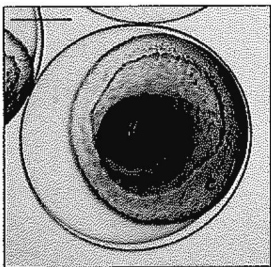


3.9

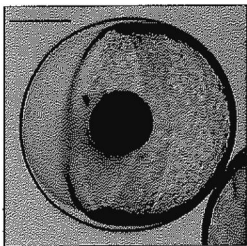
Se distingue una banda de células formando el labio del blastoporo (c), que también percibimos en vista dorsal de la gástrula temprana



Gastrula media y tardía:
En vista lateral se aprecia el proceso de invaginación del blastoporo que dará lugar al tapón vitelino



4.4-5.2



A2

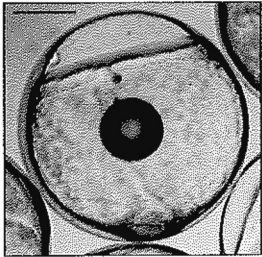
ESCALA


240 micras

Fotos

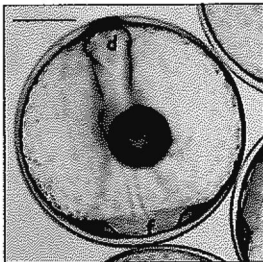
Tiempo
(Horas)

Descripción



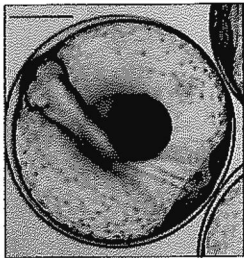
6.7

Neurulación temprana, se nota el principio de la formación del notocordio (placa neural).



7.7-8.1

Neurulación media y Tardía, se observa la formación de la placa sensorial(d) y las protuberancias ópticas.

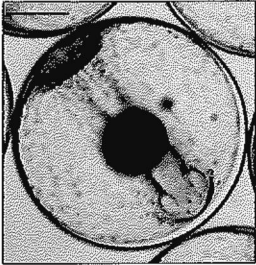


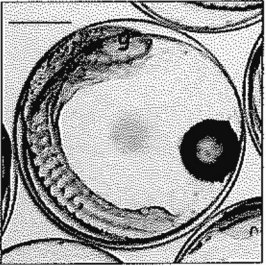
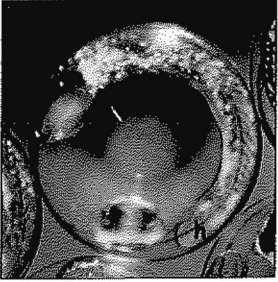
El notocordio está bien definido y el tapón vitelino(e) cerrado; donde antes estuvo el blastoporo(f).

ESCALA

240 micras

A3

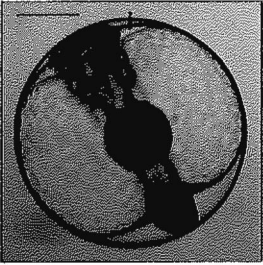
Fotos	Tiempo (horas)	Descripción
 <div data-bbox="100 636 264 768" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ESCALA — 240 micras</p> </div>	8.5	<p>La zona caudal está totalmente formada así como las protuberancias ópticas y el saco vitelino. Se pueden contar entre 3 y 5 miómeros.</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; margin-top: 20px;">A4</p>

Fotos	Tiempo (horas)	Descripción
	10.9-13.5	<p>Aparecen zonas de cromatóforos(g) en el área cefálica que se dispersan a lo largo del cuerpo.</p>
		<p>El número de miómeros varía desde 8 hasta 24 según el grado de desarrollo del embrión que ocupa casi 2/3 partes de la circunferencia del huevo.</p> <p>La porción caudal(h) más distal se empieza a separa del saco vitelino.</p> <p>La imagen de los cromatóforos iridiscentes se tomó en campo oscuro.</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; margin-top: 20px;">A5</p>

Fotos

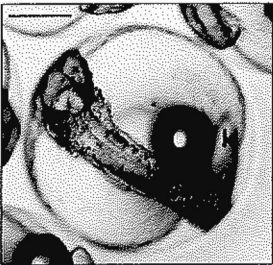
Tiempo
(horas)

Descripción

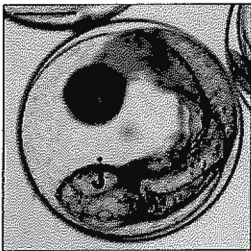


Se forman los lóbulos ópticos(i) y la lente(j) del ojo.

14.6-17.3



La porción caudal ha crecido de tal forma que en algunos casos ya da vuelta al huevo. Se observa una membrana(k) caudal que en un futuro será la aleta caudal.



ESCALA

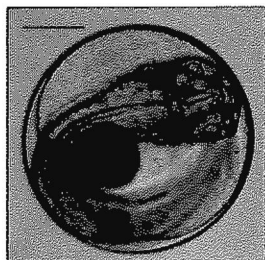

240 micras

A6

Fotos

Tiempo
(horas)

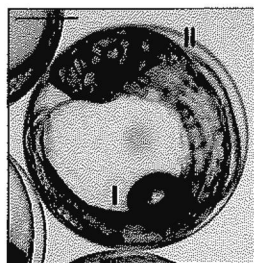
Descripción



Se distinguen muy bien dos zonas de cromatóforos; una atrás de la cabeza y otra en la zona caudal; la de la zona caudal dará origen a una "Banda caudal" (I) característica de la especie.

17.9-20

El ojo se vuelve más complejo y el embrión ocupa $\frac{3}{4}$ partes del huevo. Las cápsulas óticas(II) se distinguen bien.



Se cuentan de 23 a 30 somitas según el grado de desarrollo del organismo.

El pez está libre dentro del huevo preparándose para la eclosión.

ESCALA

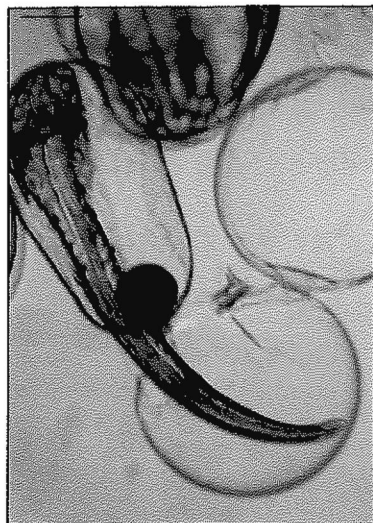
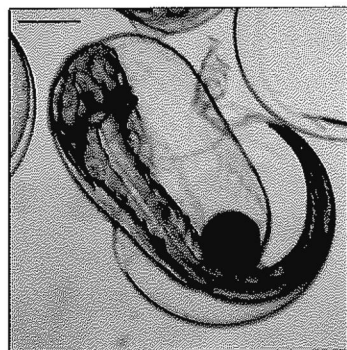
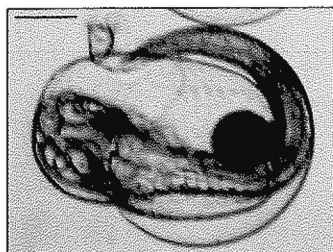
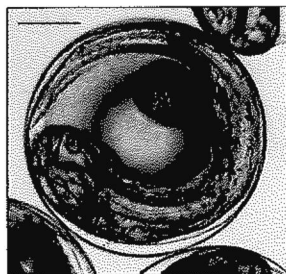
—
240 micras

A7

Fotos

Tiempo
(horas)

Descripción



Al eclosionar empuja con su parte caudal y la cabeza sobre un mismo punto para romper el corion.

20.5
eclosión

Se impulsa con la parte caudal utilizando como punto de apoyo el huevo

Después de eclosionar la larva flota ventralmente (con el saco vitelino hacia arriba) volviéndose poco a poco más activa, alternando períodos de reposo y natación.

ESCALA

—
240 micras

A8

II) ESTADIOS DE DESARROLLO DEL EMBRIÓN EN VIDA LIBRE

En el momento de eclosionar, 20 horas después de haber sido fecundado el huevo a 26 °C, el embrión de vida libre tiene una longitud promedio de 2 mm (Fig. 4) y su cuerpo es prácticamente incoloro a excepción de los cromatóforos de la banda caudal y los ojos con coloración café (Tabla II E1).

Para la descripción del desarrollo embrionario de vida libre se dividió en:

- e) Temprano para las primeras diez horas a partir de la eclosión.
- ee) Medio de diez a veinte horas después de la eclosión.
- eee) Tardío de veinte horas hasta que termina el saco vitelino.

Para agrupar los cambios más representativos del desarrollo hasta que es capaz de ingerir alimento.

e) TEMPRANO

En la zona cefálica atrás de los ojos se ha formado una barra de branquias (Tabla II 1E) y un poco más atrás se ve la cápsula ótica conteniendo los otolitos (Tabla II 1E) y se comienza a formar el hocico. Atrás del saco vitelino se ve el intestino, aunque afuncional, formado por un

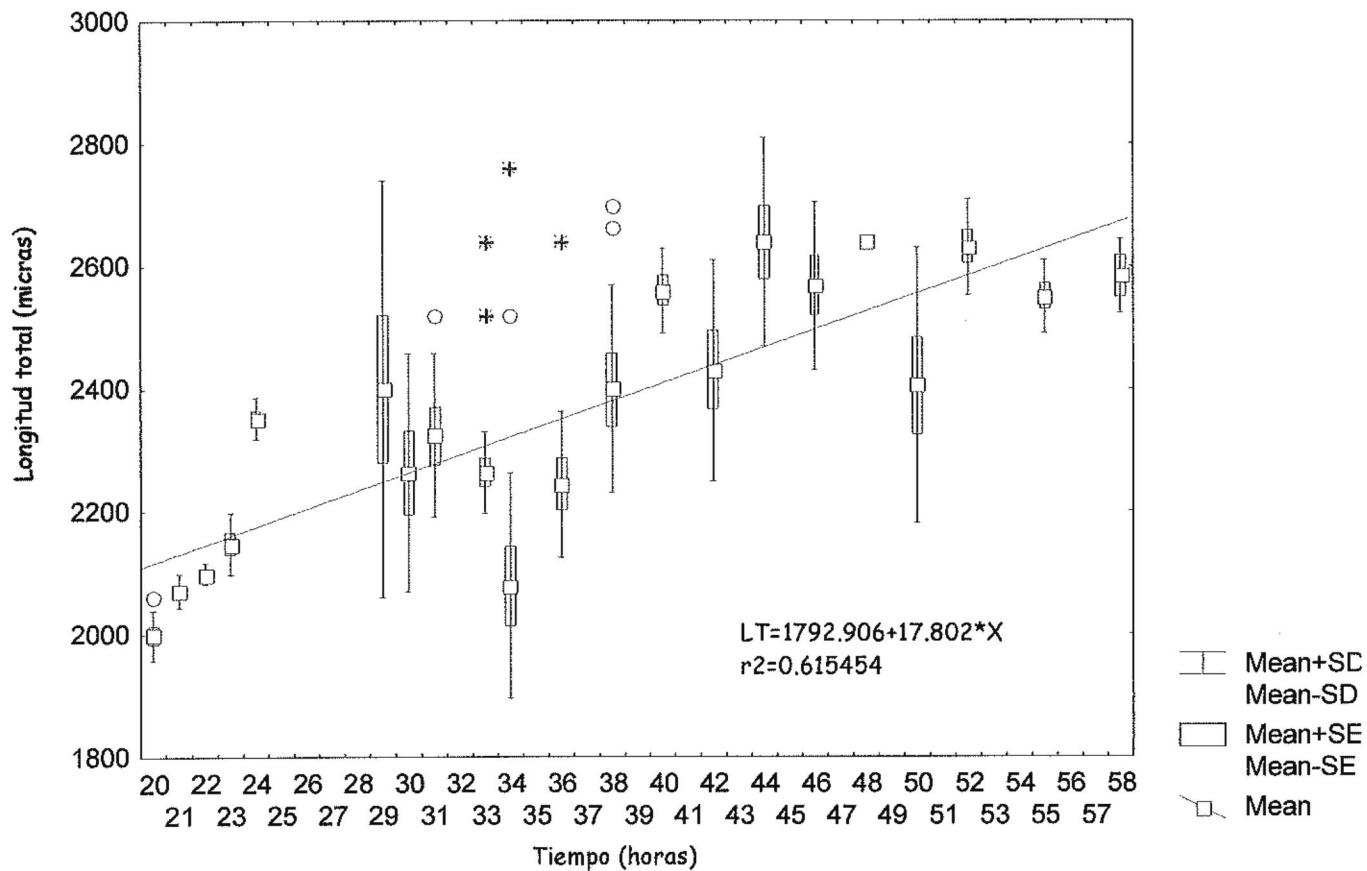


Figura 4.- Incremento en la longitud total de embriones de vida libre de *T. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm.

conducto recto y sencillo que se conecta con el exterior por un orificio que en un futuro será el ano; en la porción caudal ya se ha formado una membrana transparente que presenta algunos dobleces y que posteriormente será la aleta caudal (Tabla II 1E).

Entre 29 y 31 horas a partir de la fecundación, la gota de aceite de color amarillo claro se mantiene en la parte posteroinferior dentro del saco vitelino. El intestino se ha ido engrosando y toma forma de L; en posición dorsal de la cabeza se encuentra una zona bien definida de cromatóforos (Tabla II E2).

ee) MEDIO

El hocico del pez está bien formado y en él como una línea transversal se ve la boca, aún cerrada; los cromatóforos de la cabeza han ido tomando una forma dendrítica. Un cambio muy importante es que el intestino se ha engrosado y la vascularización del saco vitelino. (Tabla II E3).

Entre las 38.5 y 40.6 horas después de la fecundación, el color del ojo cambia a un gris metálico, el cerebro se observa claramente desarrollado y prominente en la parte anterior de la cabeza, lo que hace que esta sufra un notable ensanchamiento (Fig. 5); en esta etapa el saco vitelino ha sido

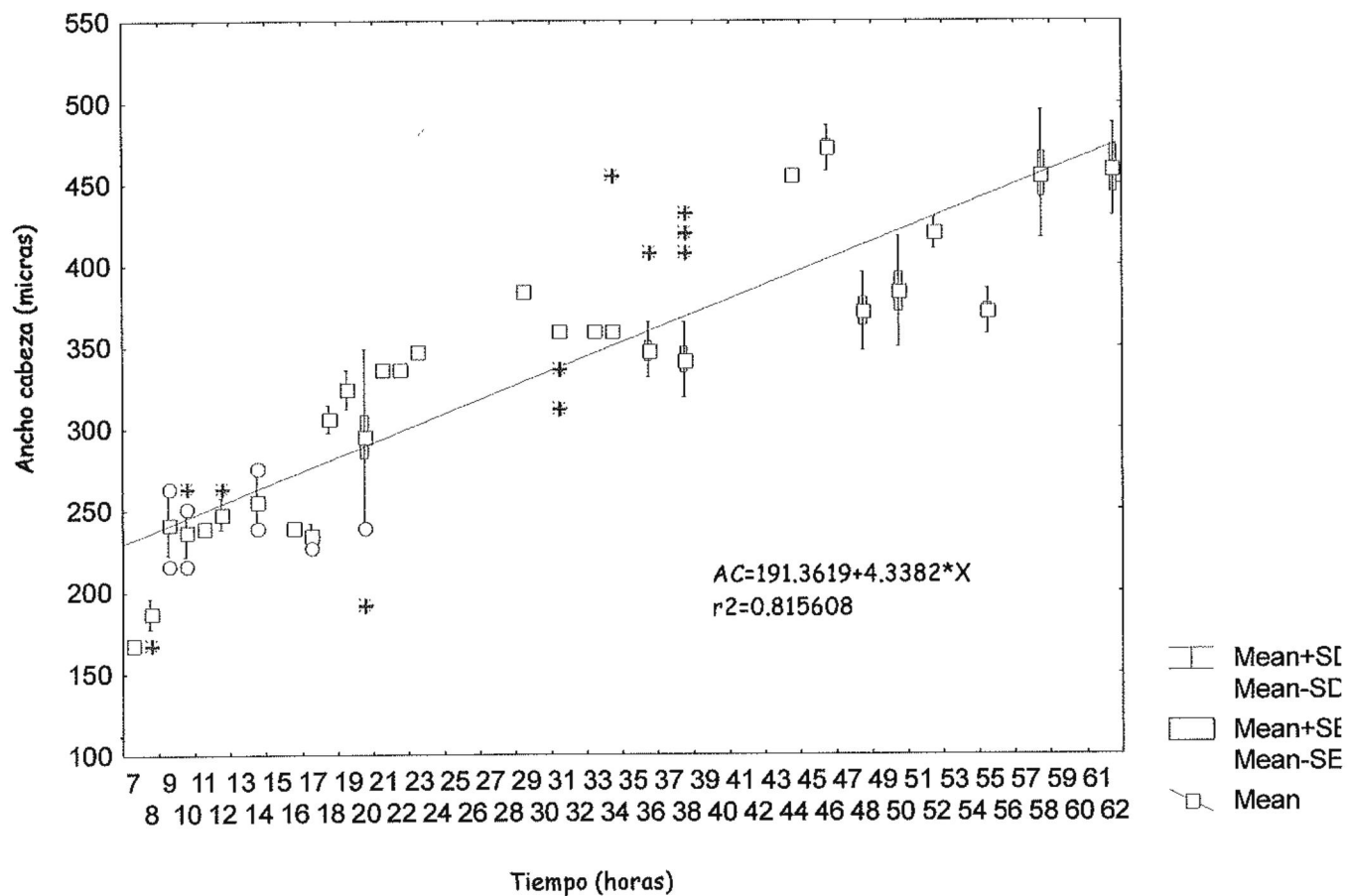


Figura 5.- Aumento en el ancho de cabeza de embriones de *E. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm.

consumido rápidamente (Fig.6) y la gota de aceite se aprecia aparentemente excluida de él (Tabla II E4).

eee) TARDÍO

El cuerpo del embrión en vida libre ha tomado una forma hidrodinámica y la boca ya está abierta aunque no en su totalidad. La gota de aceite ha sufrido un consumo notable (fig. 7) y se aprecia de nuevo dentro del saco vitelino en posición posterior y los dos tienen casi el mismo tamaño; el intestino ya presenta varios dobleces y su parte final adelgazada con lo que parece que ya casi está listo para funcionar. Se comienzan a ver a los costados las aletas pectorales (Tabla II E5).

Entre 46.3 y 55.7 horas desde la fecundación, los ojos se encuentran plenamente desarrollados y se han vuelto a oscurecer, el embrión sigue con la mirada y voltea los ojos hacia todas las partículas cercanas (Tabla II E6). Las aletas pectorales están presentes y ahora miden 96 micras (Fig. 8). El intestino está totalmente formado y se puede ver como circula la sangre a través de él; el embrión tiene la boca completamente abierta, aunque no puede abrirla y cerrarla todavía (Tabla II E6).

Cuando han pasado 62.3 horas después de la fecundación del huevo, el organismo mide 2512 micras (Fig. 4), y ha crecido en promedio 427 micras

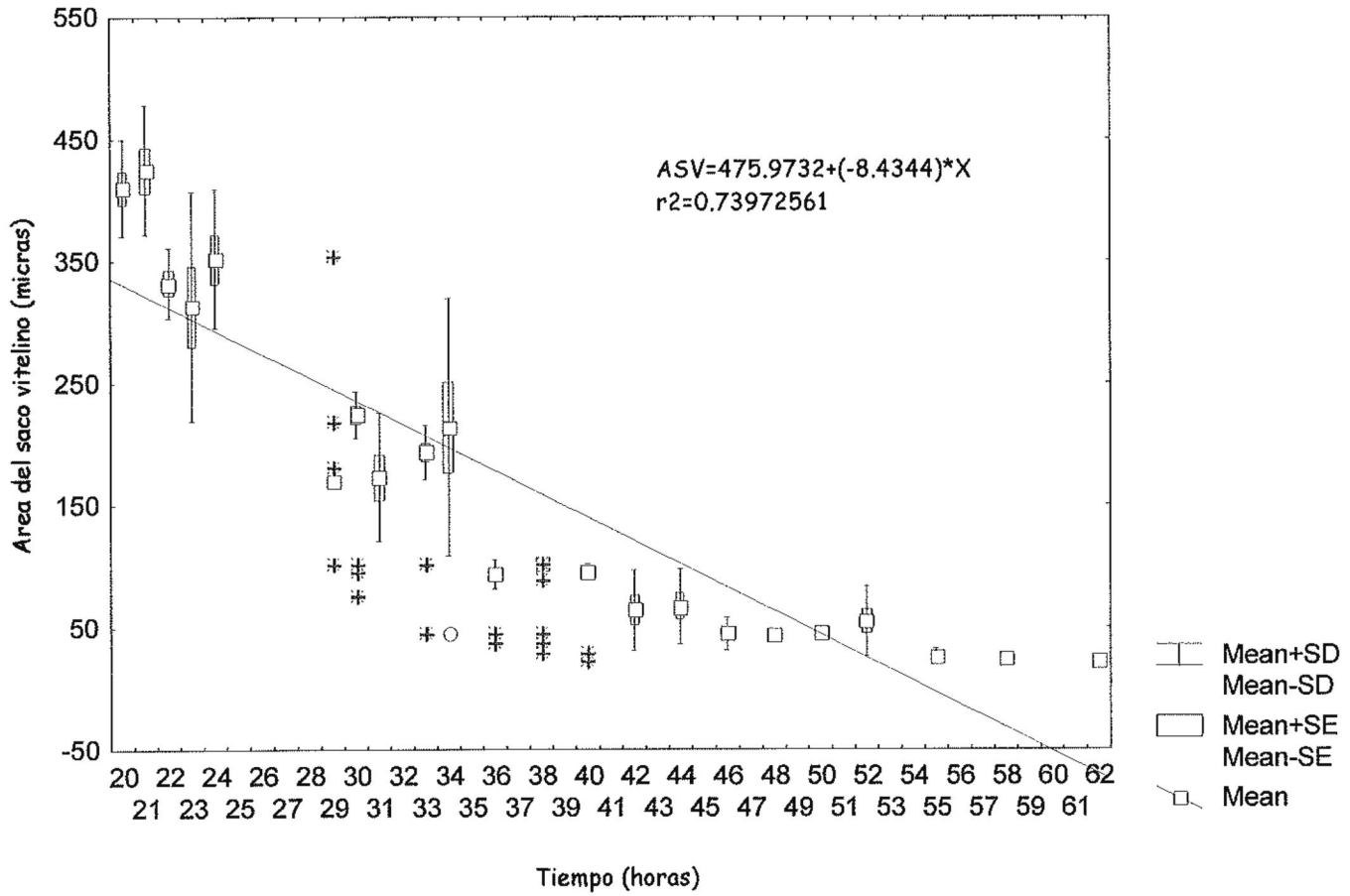


Figura 6.- Consumo del saco vitelino por embriones de *E. macdonaldi* después de eclosionar bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm.

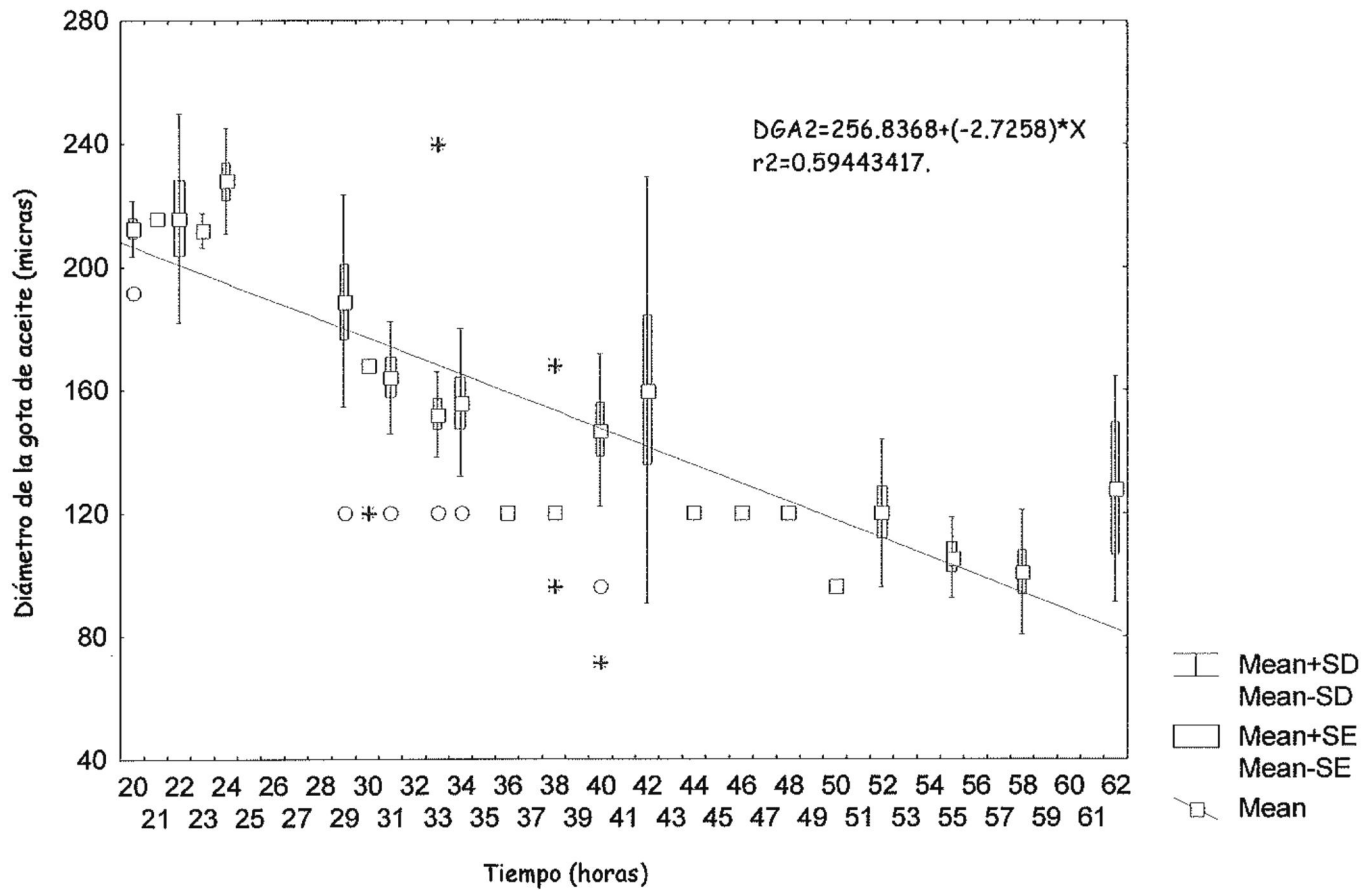


Figura 7.- Consumo de la gota de aceite por embriones de *E. macdonaldi* después de eclosionar bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm.

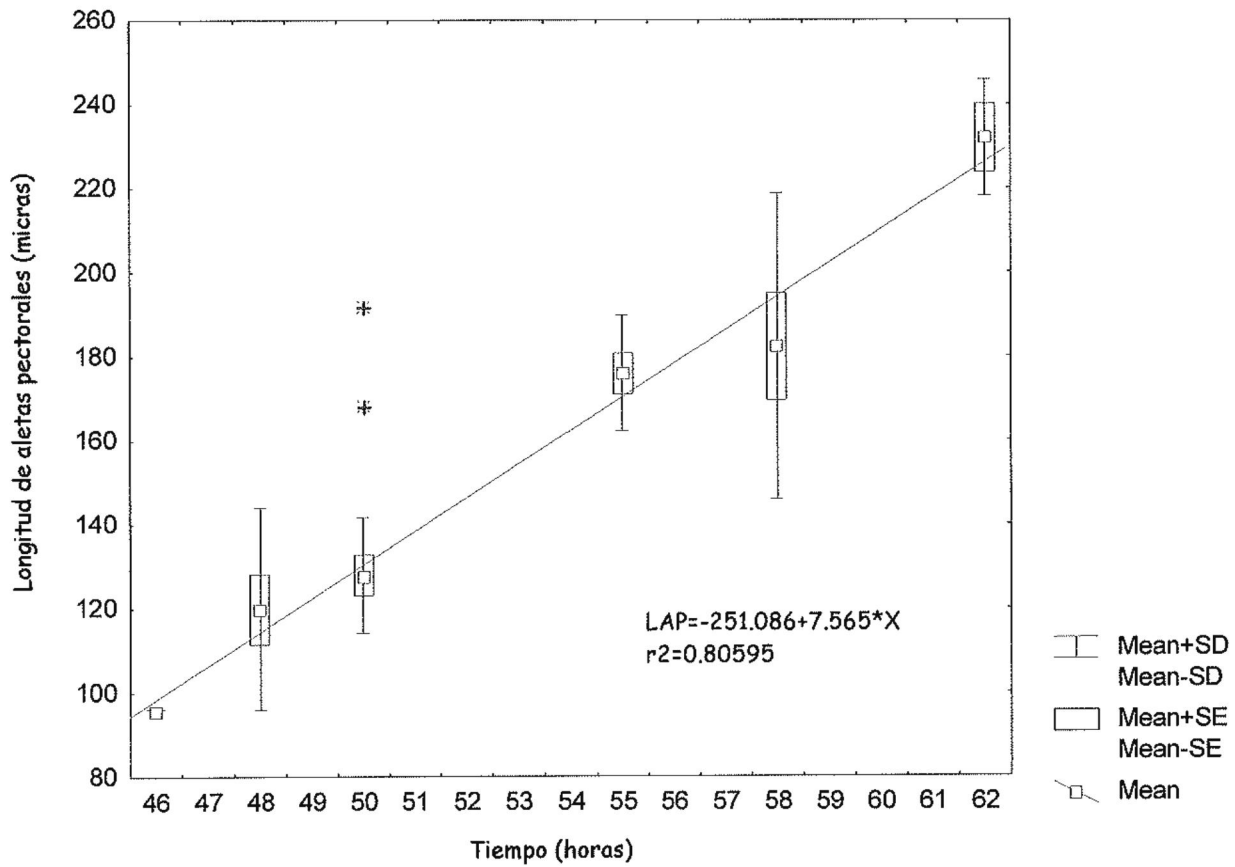


Figura 8.- Crecimiento de las aletas pectorales de embriones de *E. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm.

por día (Fig. 4) en lugar del saco vitelino se encuentra el estómago y lo que se ve como contenido estomacal son los restos de la gota de aceite; el intestino presenta movimientos peristálticos aunque el organismo no ha ingerido aún alimento y ya es capaz de abrir y cerrar la boca para morder todas las partículas que están a su alrededor y sigue con los ojos, que a partir de la eclosión han crecido rápidamente (Fig. 9) y se han vuelto complejos en sus estructuras. Las aletas pectorales que miden 232 micras (Fig. 8) crecen rápidamente y se ve claramente como el embrión en vida libre las utiliza para movimientos de natación y para cazar, hace pequeños remolinos para atraer el alimento hacia su boca (Tabla II E7).

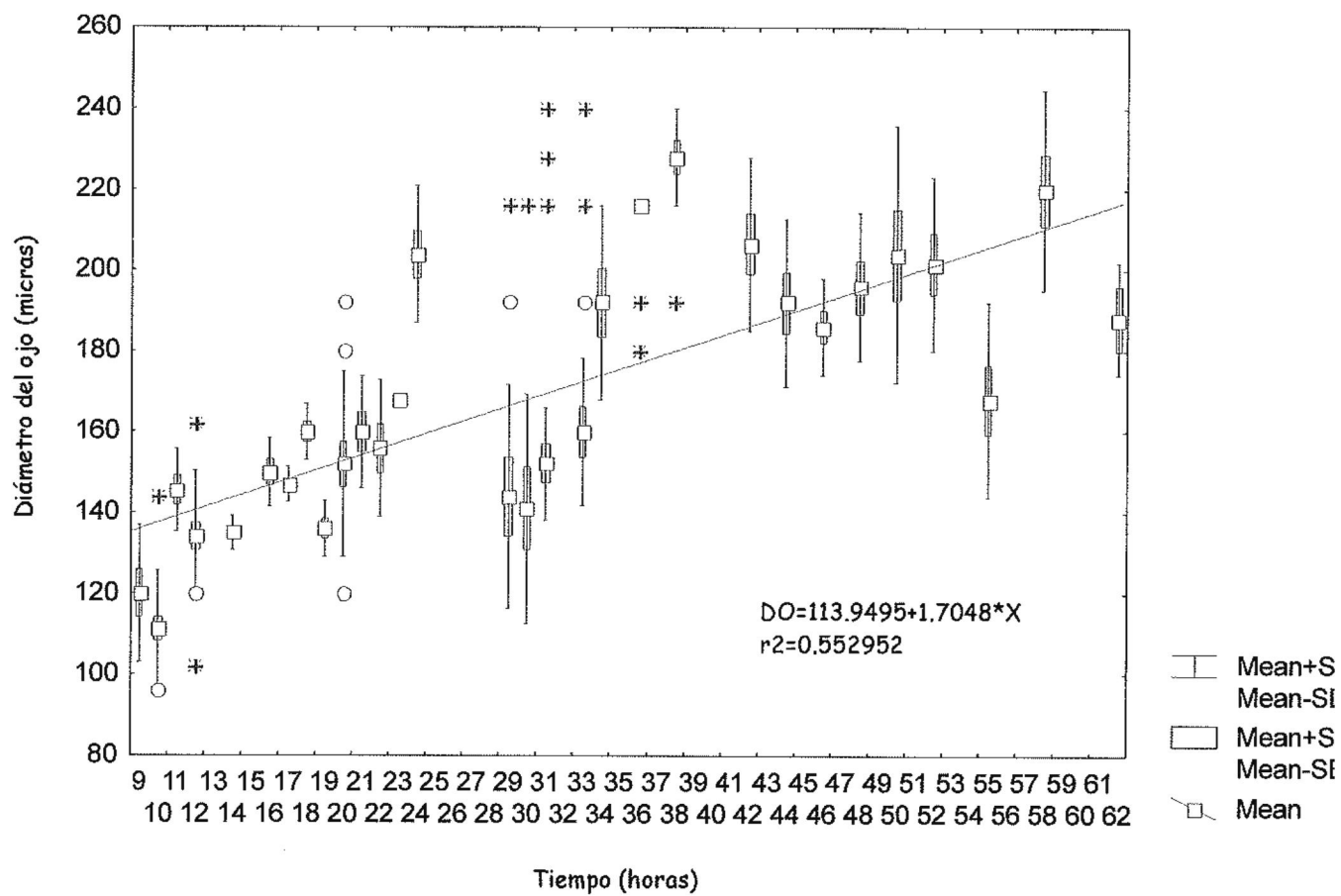
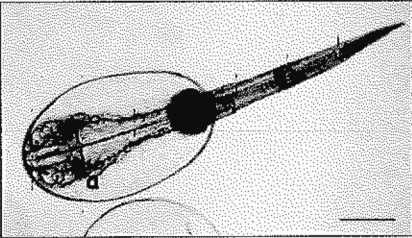
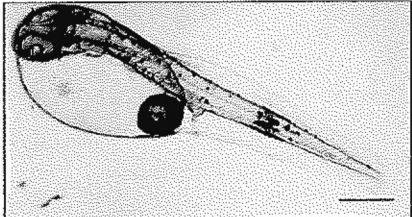
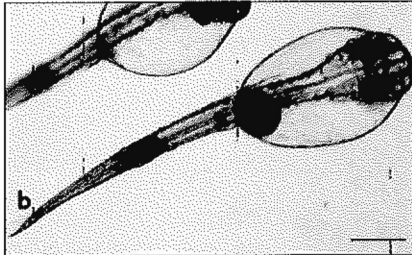
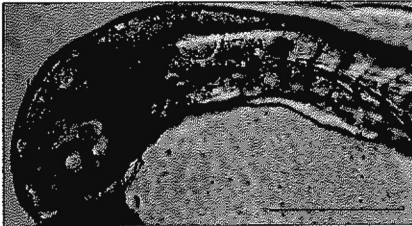
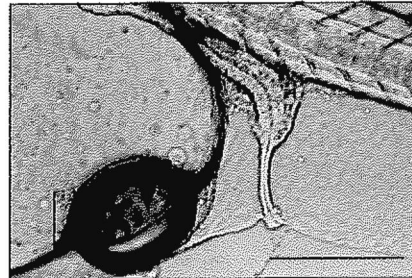


Figura 9.- Crecimiento del ojo en embriones de *T. macdonaldi* bajo condiciones de laboratorio a 26 °C y 35 ppm.

Tabla II.- Tabla descriptiva del desarrollo del embrión de vida libre de *T. macdonaldi* donde se observa en la columna de la izquierda la secuencia de imágenes desde que eclosiona hasta que termina el saco vitelino, en el centro el tiempo en horas y a la derecha la descripción y nombres de las estructuras.

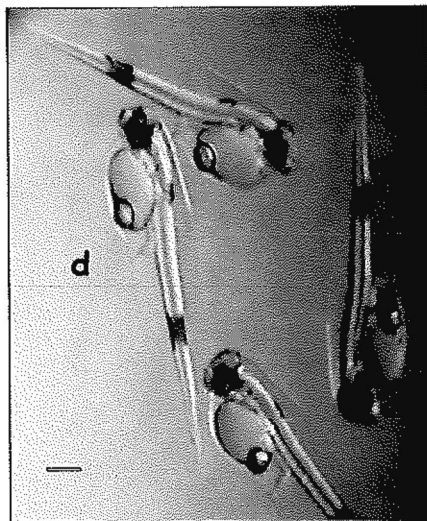
DESARROLLO DEL EMBRION DE VIDA LIBRE

FIGURA	TIEMPO (horas)	DESCRIPCION
		<p>Al eclosionar tiene una longitud total de 2mm. La gota de aceite aparece en la parte posterior del saco vitelino.</p>
		<p>El cuerpo del embrión es prácticamente incoloro a excepción de los ojos y la banda caudal. Se aprecia claramente la formación de una barra de agallas(a) a los lados de la cabeza</p>
	20.8-21.3	<p>justamente atrás de los ojos que dará origen a las branquias.</p>
		<p>La aleta(b) caudal está formada por una membrana transparente. En la cápsula ótica los otolitos(c) ya están presentes.</p>
		<p>Se comienza a notar la formación del hocico aunque la boca todavía no está presente. El intestino es un tubo sencillo conectado hacia el exterior por una abertura que dará origen al ano.</p>
<p>— Fotos 1,2y3 — Fotos 4 y 5</p> <p>Escala 240 micras</p>		E1

FIGURA

TIEMPO
(horas)

DESCRIPCION



29.1-31.5

La gota de aceite, color amarillo sigue en posición posterior y embebida en el saco vitelino.

La banda caudal se ve muy compacta, dando la apariencia general al pez de ser dos puntos coloridos solamente, el ojo y la banda caudal.

Se observa una zona de cromatóforos bien definida en la parte dorsal de la cabeza.

El intestino(d) se va engrosando y tomando forma de L.



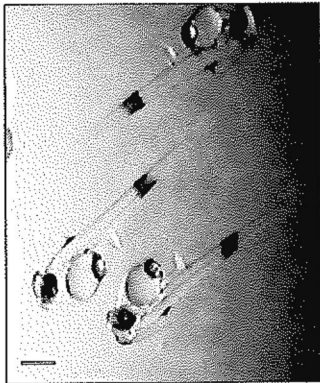
— Foto 1
— Foto 2
Escala 220 micras

E2

FIGURA

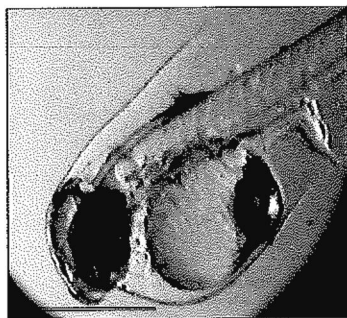
TIEMPO
(horas)

DESCRIPCION



33.1-36.3

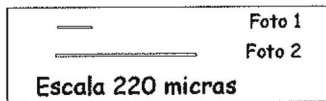
La banda caudal y la zona de cromatóforos del dorso se tornan dendríticas.



El hocico del pez está presente y se empieza a ver la boca en forma de una línea transversal.

El intestino se aprecia claramente engrosado, y el saco vitelino se ve vascularizado.

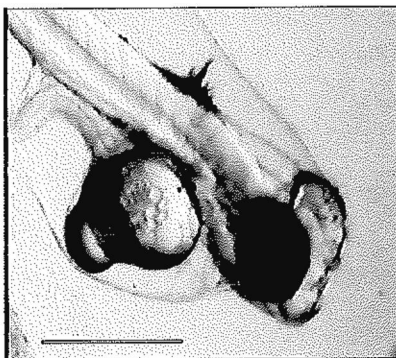
E3



FIGURA

TIEMPO
(horas)

DESCRIPCION



38.5-40.6

El ojo cambia a un color gris metálico.

El cerebro se aprecia claramente desarrollado y proyectándose hacia adelante como una prominencia de la cabeza. La boca se aprecia claramente formada aunque todavía cerrada.

El saco vitelino se ha reducido por el evidente consumo y se aprecia la aparente exclusión de la gota de aceite del saco vitelino.

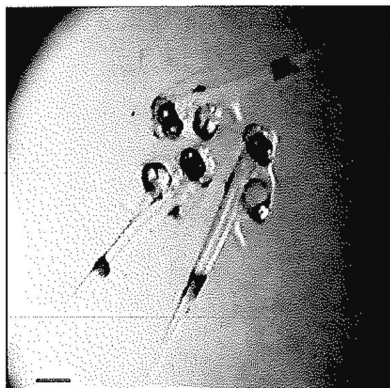
E4

Escala 220 micras

FIGURA

TIEMPO
(horas)

DESCRIPCIÓN



El saco vitelino ha perdido la mayoría de su volumen y casi tiene el tamaño de la gota de aceite, la cual aparentemente se ha embebido de nuevo en él.



40.6-46.3

El intestino se encuentra muy segmentado y engrosado con la parte final adelgazada, casi listo para funcionar.

La boca se aprecia como una fisura.

El cuerpo del embrión en vida libre se ve cada vez más alargada y tomando forma fusiforme.



Las aletas (e) pectorales están comenzando a crecer, apreciándose como una protuberancia en el costado.

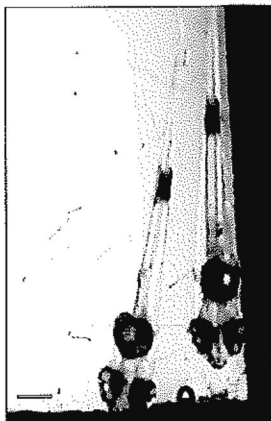
E5

— Foto 1
 — Foto 2 y 3
 Escala 220 micras

FIGURA

TIEMPO
(horas)

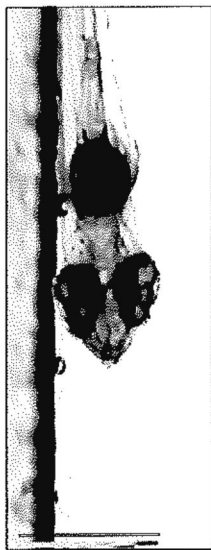
DESCRIPCION



El saco vitelino y la gota de aceite tienen prácticamente el mismo tamaño y los dos han sido consumidos casi en su totalidad.

46.3-55.7

Los ojos se ven color café oscuro y presentan mayor complejidad y sus estructuras internas bien definidas y formadas.



Las aletas pectorales están presentes y bien formadas con un tamaño de 96 micras.

Se ve claramente como circula sangre a través del intestino.

El embrión presenta la boca totalmente abierta (aunque todavía no abre y cierra) y sigue las partículas con los ojos.



Foto 1



Foto 2 y 3

Escala 220 micras

E6

FIGURA

TIEMPO
(horas)

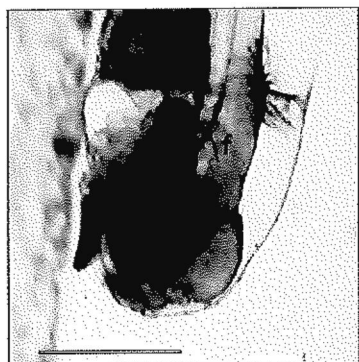
DESCRIPCION



El embrión ha crecido rápidamente, ya mide 2512 micras.

El pez abre y cierra la boca siguiendo las partículas con un fuerte instinto de morderlas.

Lo que queda de la gota de aceite sigue embebido en lo que era el saco vitelino y ahora es el estómago de el embrión.

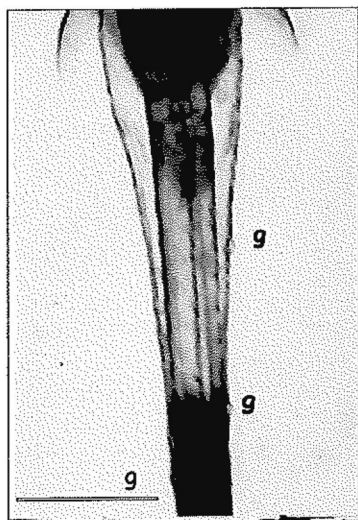


El intestino ya presenta movimientos peristálticos aunque todavía no han ingerido alimento.

62.3

Las aletas pectorales miden 232 micras y las utilizan para nadar y atraer partículas hacia ellos.

La cavidad ótica(f) claramente ha migrado hacia adelante en la cabeza.



Vemos unas protuberancias(g) a los costados del organismo, que lo acompañan desde que eclosiona hasta ahora, las cuales aparentemente no tienen ninguna función.

— Foto 1
 — Foto 2 y 3
 Escala 220 micras

E7

DISCUSIONES

Todos los huevos de los sciánidos comparten ciertas características, son relativamente pequeños, con un diámetro promedio menor a 1 mm; todos tienen tendencia a poseer múltiples gotas de aceite que se fusionan mientras tiene lugar el desarrollo embrionario y todos presentan pigmentación de la gota de aceite. Por separado ninguna de estas características es única, pero en conjunto, tiende a ponerlos aparte en un grupo natural (Joseph, 1964); todos son boyantes positivos, al menos en la salinidad en la que ocurre el desove, en apariencia semitransparentes y la gota de aceite se encuentra en la porción posterior del saco vitelino (Holt *et al.*, 1988).

La Totoaba (*T. macdonaldi*) no es la excepción de la familia puesto que posee todas las características de su grupo, su huevo es uno de los más pequeños con diámetro promedio de 828 micras, en comparación a su tamaño puesto que la Totoaba es el pez más grande de su familia con longitudes de hasta 2 m (Berdegué, 1955); como ejemplo, *Atractoscion nobilis* con tallas de hasta 1.52 m (Eschmeyer, 1983) tiene huevos con un diámetro de 1300 micras, *Genyonemus lineatus* Ayres con tallas de 41 cm (Eschmeyer, 1983) tiene huevos con un diámetro promedio de 850 micras (Watson, 1982) o

Menticirrhus undulatus con talla de 71 cm (Eschmeyer, 1983) y huevo de diámetro promedio de 750 micras (Holt *et al.*, 1988); esto puede ser una estrategia de sobrevivencia en la Totoaba debido al ambiente adverso en el que se desarrollan los embriones, en la parte alta del Golfo de California donde el sistema es muy dinámico con mareas bajas de hasta 1 km., rangos de marea de 7m y gran cantidad de partículas suspendidas (Hernández *et al.*, 1993).

No en todos los desoves se presenta multiplicidad de gotas de aceite cuya pigmentación es amarilla, pero en el caso de presentarse se fusionan en una sola durante el desarrollo embrionario y siempre se encuentra en la parte posterior del saco vitelino (Tabla II), aunado a esto la eclosión se da en menos de 24 horas a una temperatura de 26 °C lo que es común para todos los sciánidos (Holt *et al.*, 1988); por lo tanto su desarrollo embrionario es típicamente de la familia Scianidae.

En general el desarrollo embrionario de la Totoaba es muy rápido como en todos los sciánidos y termodependiente, eclosionando en 18 horas a 27 °C, 20.8 horas a 26 °C y 22 horas a 20 °C llegando a la fase de primera alimentación aproximadamente en 2 días y medio (62 horas a 26 °C) similar al de otros sciánidos, como *Sciaenops ocellata* que eclosiona entre 28 y 29

horas después de ser fertilizado a 22-23 °C y llega a la fase de primera alimentación en 40 horas a 30 °C y 84 horas a 20 °C (Holt *et al.*, 1981) o *Cynoscion nebulosus* que eclosiona 18 horas después de la fertilización a 25 °C y se comienza a alimentar después de 30 horas a la misma temperatura (Fable, 1978).

Aproximadamente a las 20 horas de ocurrida la fecundación a 26 °C se aprecia una banda caudal (Tabla I A7) formada por cromatóforos característica del género y especie *Totoaba macdonaldi*, lo cual confirma lo mencionado por (Holt *et al.*, 1988) que dice que los huevos de la familia Scianidae no son distinguibles entre sí morfológicamente, pero en un embrión de vida libre de 1 día de eclosionado los podemos separar e identificar por patrones de pigmentación; en el caso de la *Totoaba* se pueden identificar desde los embriones antes de eclosionar, puesto que ya se aprecia la banda caudal. Para fines científicos posteriores esto será de gran ayuda por que se pueden hacer incluso estudios de campo acerca de donde son los lugares donde desova la *Totoaba* actualmente y cuanto es el reclutamiento anual, así como monitoreo durante varios años para verificar cuanto se ha afectado su medio ambiente y que repercusiones tiene dentro de la especie; a largo plazo

se tendrá una herramienta que permitirá valorar el número de organismos y su etapa de desarrollo a través del tiempo.

Las variaciones que se observan en la Figura 9 se pueden deber a la falta de más réplicas o a diferentes razones de crecimiento de los organismos, ya que se ha observado que bajo condiciones ambientales constantes en los estanques conviven peces de la misma edad, pero de diferentes estadios de desarrollo. (Balon, 1985).

El desarrollo de la Totoaba (*T. macdonaldi*) concuerda con lo sugerido por Balon (1985) que propone un desarrollo ontogénico saltatorio y no lineal, esto es que durante un paso varias estructuras crecen y se forman a diferentes razones de tiempo, pero están completas y funcionales al mismo tiempo; el final de un escalón. El mejor ejemplo de esto es la parte final del experimento en donde vemos claramente que se conjuga el hecho de que los ojos del embrión se vuelven totalmente funcionales, el intestino comienza a tener movimientos peristálticos y las aletas tanto pectorales como caudal han crecido y se han fortalecido, todo esto para desembocar en la primera alimentación (Tabla II E7). Todos los estadios de desarrollo embrionario se han agrupado basándonos en los cambios más representativos que dan lugar a un suceso importante dentro del desarrollo del organismo que Balon (1985)

llama Umbral. En la figura 5 se aprecia más claramente el desarrollo saltatorio, puesto que se observan escalones en los intervalos de: 7-8, 9-17, 18-23, 29-38, 44-62 horas, con lo que podemos decir que el organismo acumula energía para crecer y desarrollar cada estructura durante un período y después entra en un pequeño descanso y así sucesivamente.

En las figuras 2 y 7 se observa el consumo de la gota de aceite antes y después de la eclosión, se observa claramente como antes de eclosionar no se consume, y a partir de la eclosión una alta utilización de ésta. Antes de eclosionar el embrión no necesita mucha energía concentrada, por lo tanto la que necesita la obtiene del saco vitelino que consume lentamente (Fig. 3), pero a partir de la eclosión tanto la gota de aceite (Fig. 7) y más notoriamente el saco vitelino (Fig. 6) son rápidamente consumidos por que usa su energía para crecer y culminar las diversas etapas de formación, además de desplazarse y sobrevivir en el medio. Al momento de abrir la boca el saco vitelino ha sido consumido totalmente y queda del tamaño de la gota de aceite y los restos de la gota de aceite quedan dentro del estómago.

En la Tabla II, imagen E7 se observa a los costados del cuerpo del embrión de vida libre unas pequeñas protuberancias, las cuales no se han reportado para los otros peces de la misma familia y aunque se presentan

desde la eclosión, su función deberá estudiarse posteriormente y en investigaciones más especializadas, puesto que aparentemente; por lo menos durante la fase embrionaria no tienen función.

En cuanto al método utilizado se utilizaron fotografías e imágenes de vídeo, por que las muestras no sufren deshidratación como ocurre al preservarlas con formaldehído, deterioro como al refrigerarlas o estallamiento de tejidos al congelarlas. Fable (1978) maneja dos tipos de muestras (vivos y preservados) reportando las medidas en cada caso y claramente se aprecia en los datos de las preservadas por formol menor tamaño; en cuanto a la descripción de patrones de pigmentación color y forma de los organismos se deben hacer con organismos vivos tal como hace Holt *et al.*, (1988) puesto que la mayoría de los agentes preservadores cambian los colores de las muestras e incluso desaparece el pigmento.

Al utilizar un equipo de procesamiento de imágenes se optimiza el tiempo aplicado al análisis de las muestras como demuestra Bates y Tiersch (1997) que al comparar los resultados del análisis de las muestras realizado a mano, con el hecho en computadora no tiene diferencia significativa, pero sí el tiempo aplicado en el trabajo. Al tratar las imágenes por computadora y pasarlas por filtros mejora la resolución y se ven detalles que en la imagen

cruda se pierden; por ejemplo las longitudes de los embriones en vida libre de Totoaba son difíciles de medir por su transparencia, pero al contrastar el contorno es más fácil y confiable la medición; la aplicación de ésta tecnología que es relativamente económica y accesible optimizó el tiempo y en el caso del este trabajo aportó mejores resultados.

CONCLUSIONES

La Totoaba (*T. macdonaldi*) presenta un desarrollo embrionario, típicamente Sciánido.

La Totoaba (*T. macdonaldi*) presenta un patrón de pigmentos característico del género y la especie en la zona caudal, llamado Banda Caudal.

LITERATURA CITADA

- Arvizu, J. y Chavez, H. (1972) Sinopsis sobre la biología de la totoaba (*Cynocion macdonaldi*) Gilbert, 1890. FAO. Fish Synop. 108: 26pp.
- Avalos-Hernández, (1974) Desarrollo Histórico de las Pesquerías del Camarón (*Penaeus sp.*) y Totoaba (*Cynocion macdonaldi*) Gilbert, 1890 en la Parte Norte del Golfo de California, Tesis licenciatura Escuela Superior de Ciencias Marinas U.A.B.C. Ensenada. 45pp.
- Balon, E. K. (1985) Early Life Histories of Fishes: New Developmental, Ecological and Evolutionary Perspectives. DR W. Junk Publishers Netherlands. 14-28.
- Barrera-Guevara, J.C., Rodríguez, M. y Licon, González H. (1994) Desarrollo de la Biotecnología Para el Cultivo de la Totoaba. SEPESCA/ Gobierno del Estado de Sonora-CIDESON. 89pp.
- Berdegue, A.J. (1955). La pesquería de la totoaba (*Cynocion macdonaldi*) Gilbert, 1890 en San Felipe, Baja California. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 16 (1-4): 45-78.

- Berdegúe, A. J. (1956). *Peces de Importancia Comercial en la Costa Nor-occidental de México*. Secretaría de Marina, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. México D.F. 235-238.
- Bates, M. y Tiersch, T. (1997). Low-Cost Computer-Assisted Image Analysis for Fisheries Research, *The Progressive Fish-Culturist* 59(3): 235-240.
- Bromage, N.R. y Robert, R.J. (1995) *Broodstock Management Eggs and Larval Quality*. Ed. Blackwell Science. E. U. 428pp.
- Cannon, R. (1966) *The Sea of Cortes*. Lane Magazine and Book Co. Menlo Park, California 283pp.
- Chute, R. (1928) *The totuava fishery at California gulf*. *Cal. Fish and Game* 14(4): 275-281.
- Cisneros-Mata, M.A., Montemayor-Lopez, G. y Román-Rodríguez, M.J. (1995) *Life history and conservation of *Totoaba macdonaldi**. *Conservation Biology* 4:886-894.
- Escobar-Fernández, R. y Siri, M. (1997) *Nombres Vernáculos y Científicos de los Peces del Pacífico Mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California, Sociedad Ictiológica Mexicana, A.C., México 102pp.

- Eschmeyer, W. N., Herald, E. S. y Hammann, H. (1983). A Field Guide to Pacific Coast Fishes of North America From the Gulf of Alaska to Baja California Ed. Houghton Mifflin Company. Boston U.S.A. 336pp.
- Fable, W., Williams, T. y Arnold C. (1978) Description of reared egg and young Larvae of the spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*. Fishery Bulletin: 76(1):65-71.
- Flanagan, C.A. y Hendrickson, J.R. (1976) Observations on the comercial fishery and reproductive biology of the totoaba (*Cynocion macdonaldi*) Gilbert 1890 in the northern gulf of california. Fishery Bulletin 74(3) :531-544 .
- Guevara-Escamilla, S. (1974) Sobre la Ecología de los Juveniles de Totoaba (*Cynocion macdonaldi*) Gilbert, 1890. Resúmenes, V Congreso Nacional de Oceanografía. Guaymas Sonora México. 22-25.
- Hernández-Ayón, J.M., Galindo-Bect, S. M., Flores-Baez, P.B. y Alvarez-Borrego, (1993) Nutrient concentration are high in the turbid waters of the colorado river delta. Estuarine, Coastal and shelf Science. 37:593-602.

- Holt, J., Johnson, A., Arnold, C., Fable, W. y Williams, T. (1981) Description of eggs and larvae of laboratory reared red drum, *Sciaenops ocellata* COPEIA 4:751-756.
- Holt. (1985) Growth and Development of Red Drum Eggs and Larvae. The University of Texas at Austin Marine Science Institute. Port Aransas, Texas. 46-50.
- Holt, S.A., Holt, G.J. y Young-Abel, L. (1988) A procedure for identifying sciaenid eggs. Marine Science Supp. To Vol. 30:99-108.
- Jordan, D. S. (1916) Notes on the totuava (*Cynocion macdonaldi*) Gilbert, 1890. Copeia 37: 85-86p.
- Joseph, E., Massmann, W. y Norcross, J. (1964) The pelagic eggs and early larval stages of the black drum from Chesapeake Bay. COPEIA 2:425-434.
- Morales, S.J. (1980) El ocaso de la totoaba. Técnica Pesquera No. 150, 16-19.
- Salinas, C. (1993) Decreto por el que se declara área natural protegida con carácter de Reserva de la Biosfera, la región conocida como Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Artículo Décimo. Diario Oficial de la Federación. Tomo CDXXVII No. 8. 24-28.

Secretaría de Industria y Comercio Subsecretaría de Pesca Instituto

Nacional de Pesca (1976) *Catálogo de Peces Marinos Mexicanos*,

México 462pp.

Sotomayor, C. (1970a). *La totoaba, una especie que se extingue lentamente*.

Universidad de Sonora. *Técnica Pesquera* 22-25p.

----- (1970b.). *La totoaba, una especie que se extingue lentamente*.

Universidad de Sonora. *Técnica Pesquera*. 11-12p.

Watson, W. (1982) *Development of eggs and larvae of the white croaker,*

Genyonemus lineatus ayres (PISCES: SCIANIDAE), off the southern

california coast. *Fishery Bulletin*. 80(3): 403-417.