

Avances en el Estudio de la Maduración y Reproducción de Curvina Golfina en el Estado de Sonora, México

Martin Perez-Velazquez ^{a*}, Mayra L. González-Félix^a, Germán Emilio Ibarra-Garciaparra^b, Leobardo Borbón Quijano^b, José Luis Niebla Larreta^b

^aDepartamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Edificio 7-G, Blvd. Luis Donaldo Colosio s/n, e/Sahuaripa y Reforma, Col. Centro, C.P.

83000, Hermosillo, Sonora, México. E-mail: mperezv@dictus.uson.mx.

^bInstituto de Acuacultura del Estado de Sonora, O.P.D. Comonfort y Paseo del Canal. Centro de Gobierno. Edif. Sonora 2do. Piso ala sur. C.P. 83000, Hermosillo, Son., México

Resumen

La curvina golfina, *Cynoscion othonopterus*, es una especie de importancia comercial que pertenece a la familia Scianidae; ocupa el segundo lugar en producción entre las pesquerías de escama en el Golfo de California. Debido a la calidad y buena aceptación de su carne, así como a algunos estudios que sugieren que podría alcanzar la madurez sexual a una talla moderada y a una edad relativamente temprana, esta especie ha llamado recientemente la atención de acuacultores, investigadores y productores de alimentos, como una especie candidata para la acuacultura. En respuesta a esta inquietud, el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora y el Instituto de Acuacultura del Estado de Sonora, O.P.D., han realizado estudios con la finalidad de elucidar aspectos zootécnicos de su maduración y reproducción. En su mayor parte, estos son estudios pioneros y representan la primera evidencia documentada de diversos aspectos concernientes a la reproducción de esta especie. Entre los avances más significativos destacan la obtención de desoves *in situ* y el éxito tanto en la incubación como en la crianza de larvas y de juveniles hasta alcanzar tallas comercializables. Sin embargo, es preciso continuar con el refinamiento de los protocolos de alimentación larvaria y abordar otros aspectos relevantes para lograr la reproducción de esta especie bajo condiciones de cautiverio, como lo son el desarrollo de alimentos balanceados de destete, pre-engorda y maduración, así como la inducción al desove mediante la manipulación de factores físico-químicos y mediante la administración de hormonas. El presente trabajo describe los avances hasta ahora logrados.

Palabras clave: Curvina golfina; *Cynoscion othonopterus*; reproducción.

I-Introducción

Debido a la aparición de enfermedades, la producción de camarón de cultivo en el estado de Sonora, México, se ha reducido progresiva y dramáticamente de 81,422.8 millones de toneladas (MT) obtenidas en 2009, a 35,305.5 MT en el año 2012 (COSAES, 2013) y se espera tener una producción aún menor en 2013. El colapso de esta industria ha despertado cada vez más el interés local en el cultivo comercial de especies de peces marinos. Como actividad económica, el cultivo de peces marinos en gran escala ya se realiza exitosamente desde hace varias décadas para especies tales como el salmón (*Salmo salar*), la dorada (*Sparus aurata*), la lubina (*Dicentrarchus labrax*) y el rodaballo (*Psetta máxima*), principalmente en Europa, en donde el cultivo de peces marinos está bien desarrollado (FAO, 2012). En México, el cultivo de peces marinos es incipiente, pero tiene un gran potencial, pudiendo contribuir a la diversificación de especies cultivadas comercialmente y también puede representar una opción rentable para los productores.

Entre las diversas especies de peces marinos disponibles en el noroeste de nuestro país destacan aquellas pertenecientes a la familia Sciaenidae, un grupo de organismos conocidos comúnmente como roncadore, nombre que reciben por el sonido característico que producen con su vejiga natatoria (Nelson, 1994). Este grupo está bien representado en el Golfo de California, con al menos 30 especies conocidas (van der Heiden, 1985), de las cuales tres son consideradas especies nativas: el chano norteño, *Micropogonias megalops*, la totoaba, *Totoaba macdonaldi* y la curvina golfina, *Cynoscion othonopterus* (Thompson y McKibbin, 1978). Esta última destaca por ser una especie de alto valor pesquero en la reserva de la biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, Sonora-Baja California. La pesquería de curvina golfina resurgió en los años 90 y actualmente ostenta el segundo lugar en producción entre las pesquerías de escama en el Golfo de California, con 3,727 toneladas registradas en el año 2010 (Carta Nacional Pesquera, 2012). Así como otras especies de curvinas, la curvina golfina es apreciada por la calidad de su carne. Debido al actual interés regional en su cultivo, en la Universidad de Sonora se han realizado estudios

recientes que abordan, entre otros aspectos, los requerimientos nutricionales de la especie (Maldonado-Othón, 2013; Urquidez-Bejarano, 2013). Así mismo, las experiencias recientes en el mantenimiento de individuos de esta especie en cautiverio sugieren que, a diferencia de otras especies de peces marinos para los que es necesario esperar varios años hasta que alcanzan un peso corporal considerable, (e.g., 10 kg de peso o más) antes de ser aptos para la reproducción, la curvina golfina podría alcanzar la madurez sexual a una talla moderada y a una edad relativamente temprana, aproximadamente 2 años o menos. Las implicaciones de estas características incluyen la posibilidad, por una parte, de obtener organismos reproductores en un menor tiempo y costo, y por consiguiente, un menor costo en la obtención de críos. Y por otra, la de realizar la reproducción de esta especie en infraestructura de menores dimensiones y menor costo, en comparación con especies de gran talla. Es por ello que en el estado de Sonora recientemente se ha iniciado una colaboración entre el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS) y el Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora, O.P.D. (IAES), con la finalidad de elucidar aspectos zootécnicos de la maduración y reproducción de esta especie. En su mayor parte, estos son estudios pioneros y representan la primera evidencia documentada de aspectos tales como la obtención e incubación de desoves originados a partir de reproductores silvestres, la cría de larvas y obtención de juveniles hasta talla de engorda, entre otros. El presente trabajo describe los avances hasta ahora logrados.

II-Especies de curvinas cultivadas en el mundo

Reciben el nombre de curvinas gran parte de las especies pertenecientes a los géneros *Cynoscion*, *Sciaenops*, *Atractoscion*, y otros más de la familia Sciaenidae. Proveniente del latín “*curvinus*”, que significa parecido al cuervo, estos organismos deben su nombre a la similitud morfológica de su boca con el pico de aquellas aves, ya que poseen una boca grande, oblicua y prognata (Álvarez-Castillo, 2000). En general, las curvinas poseen interesantes características biológicas que las hacen buenos prospectos de cultivo, tales como altas tasas de crecimiento, índices adecuados de conversión alimenticia, además de

contar, como se mencionó anteriormente, con una buena calidad de carne muy apreciada por parte de los consumidores (Cárdenas, 2011).

La producción mundial total de curvinas cultivadas fue de 124,000 toneladas en el año 2008, con un valor que ascendió a los 168 millones de dólares (FAO, 2012). Las principales especies cultivadas comercialmente a nivel mundial son la curvina amarilla *Pseudosciaen crocea* y la curvina roja *S. ocellatus*. La primera es nativa del este de Asia, su distribución abarca desde China hasta Corea, donde habita aguas costeras hasta los 100 m de profundidad. La segunda comenzó a ser cultivada en la década de los 70 cuando se lograron los primeros desoves en cautiverio y se desarrollaron técnicas para su cultivo larvario (Arnold *et al.* 1977). Se trata de una especie interesante porque se adapta bien al cautiverio, aceptando bien el alimento artificial y pudiendo alcanzar 500 g de peso en 9 meses (Holt, 2000). Por ello, esta especie se produce a gran escala en las costas norteamericanas del Golfo de México y del sureste Atlántico (Cárdenas, 2011).

Otras curvinas que figuran entre las especies cultivadas son el verrugato del sur, *Argyrosomus japonicus* y la curvina *A. regius*. La distribución natural del verrugato del sur abarca Australia, Sudáfrica, Madagascar e incluso la India (Cárdenas, 2011), aunque su cultivo se realiza principalmente en Australia. Se han reportado crecimientos de *A. japonicus* que varían de 800 hasta 1,200 g en 16 a 26 meses en varios tipos de infraestructura tales como estanques, tanques y jaulas flotantes (PIRSA, 2001; Love y Langenkamp, 2003). Por su parte, la producción de *A. regius*, especie habitante del mar Mediterráneo, es relativamente reciente, siendo España el mayor productor en 2010 con 3,250 toneladas (Cárdenas, 2012). Adicionalmente, las siguientes especies de curvinas han sido cultivadas en menor magnitud, ya sea con fines comerciales, experimentales o de repoblamiento: *Atractoscion nobilis* (curvina blanca), *C. nebulosus* (curvina pinta), *C. xanthulus* (curvina boquinaranja), *C. regalis* (curvina real), *Pogonias cromis* (curvina negra) y *Micropogonias undulatus* (curvina roncadina) en los Estados Unidos de América, *A. amoyensis* (curvina de Amoy) y *Larimichthys crocea* (curvina azafrán) en China, *A. inodorus* (curvina plateada) en Sudáfrica, *Cilus gilberti* (curvina pampera) en Chile, *Micropogonias furnieri* (curvina rubia) en Uruguay, *Totoaba macdonaldi* (totoaba) en

México, *Sciaena umbra* (corvallo) en Turquía y Grecia, así como *Umbrina cirrosa* (verrugato) en varios países de Europa (Chatzifotis *et al.*, 2006; Cárdenas, 2011, 2012; Martínez-Llorens *et al.*, 2011; Rueda-López *et al.*, 2011; Minjarez-Osorio *et al.*, 2012).

III-La curvina golfina (*C. othonopterus*)

La clasificación taxonómica de la curvina golfina (*C. othonopterus*), descrita por Jordan y Gilbert en 1881, se resume de la siguiente manera:

- Reino: Animalia
- Filo: Chordata
- Clase: Actinopterygii
- Superorden: Acanthopterygii
- Orden: Perciformes
- Suborden: Percoidei
- Familia: Sciaenidae
- Género: *Cynoscion*
- Especie: *C. othonopterus*

Es una especie que se distribuye desde La Paz, Baja California Sur, hasta el Delta del Río Colorado (Chao, 1995). Migra hacia áreas de desove en el alto Golfo de California y Delta del Río Colorado una vez al año. La longitud máxima registrada para un organismo de esta especie es de 920 mm (Román-Rodríguez, 2000). Se conoce que la base de su dieta está constituida por la sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*) (Román-Rodríguez, 1990). Esta especie posee una aleta dorsal larga y continua, con una escotadura entre las posiciones posterior y anterior; la anterior compuesta por nueve o diez espinas y la posterior por radios suaves. A la aleta anal le preceden dos espinas, siendo su base más corta que la base suave

dorsal; la aleta caudal es homocerca semilunada. Con excepción del hocico, el cuerpo de la curvina golfina está casi totalmente cubierto por escamas y presenta una coloración plateado brillante (Álvarez-Castillo, 2000).

IV-Aspectos reproductivos de la curvina golfina

Como se ha mencionado anteriormente, la curvina golfina migra anualmente con fines reproductivos al alto Golfo de California, adentrándose en las áreas de desove, mismas que se localizan en la zona conocida como la “Y”, que abarca dos canales alrededor de la Isla Montague en la desembocadura del Río Colorado, donde se lleva a cabo el desove de huevos, la fecundación y la crianza de los alevines. La llegada de la curvina golfina al alto Golfo de California inicia en el mes de octubre y concluye en el mes de mayo, pero se conoce que durante los meses de febrero y marzo ocurre la mayor actividad de desoves (Erisman *et al.*, 2012). Después de su primer año de vida en dicha área, los juveniles migran hacia el sur pero manteniéndose cerca de la costa del estado de Baja California, en busca de áreas de protección en zonas rocosas (Román-Rodríguez, 2000; Erisman *et al.*, 2012). La curvina es una especie iterópara y gonocórica, sin dimorfismo sexual evidente entre machos y hembras, excepto durante etapas de maduración gonádica avanzadas donde las hembras se caracterizan por tener el vientre muy abultado (Román-Rodríguez, 2000). De acuerdo con un estudio donde se colectaron 530 especímenes silvestres de esta especie y a través del análisis de cortes histológicos de gónadas de hembras, se ha determinado que la curvina golfina es un desovador múltiple, cuya gónadas tienen un desarrollo asincrónico, ya que presentan ovocitos en distintas fases de desarrollo cuando los ovarios están maduros, con una fecundidad que varió de 240,394 a 1,219,342 huevos, con un promedio de 684,293 huevos, observándose una correlación positiva de este parámetro con la longitud total y con el peso corporal (Gherard *et al.*, 2013).

V-Avances realizados en la Universidad de Sonora y el Instituto de Acuacultura del Estado de Sonora, O.P.D.

A continuación se describen los avances realizados por la Universidad de Sonora y el Instituto de Acuacultura del Estado de Sonora, O.P.D. en el estudio de la maduración y reproducción de la curvina golfina, que incluyen aspectos tales como la obtención e incubación de desoves originados a partir de reproductores silvestres, la cría de larvas y obtención de juveniles hasta talla de engorda, entre otros.

V.1-Obtención de desoves de curvina golfina originados a partir de reproductores silvestres

Uno de los primeros aspectos que se han abordado, y en el que se han logrado avances significativos, es la obtención de desoves de curvina golfina a partir de reproductores silvestres. Con base en el conocimiento de la migración reproductiva que realiza esta especie al alto Golfo de California, se ha aprovechado la abundancia de organismos silvestres maduros para extraer los gametos de especímenes recién capturados en su medio natural y llevar a cabo la fecundación, técnica denominada fecundación *in situ*.

Desde el año 2010 a la fecha, el Centro de Reproducción de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES), ubicado en Bahía Kino, Sonora, y que pertenece al Instituto de Acuacultura del Estado de Sonora, O.P.D., ha realizado cinco expediciones al Golfo de Santa Clara, en el municipio de San Luis Río Colorado, con el fin de obtener desoves para realizar la fecundación *in situ* de curvina golfina. La primera de ellas se realizó en el año 2010, la segunda en 2011, la tercera en 2012 y la cuarta y quinta en 2013.

La captura de organismos se ha realizado utilizando embarcaciones comerciales para pesca de escama (Figura 1), que utilizan como arte de pesca chinchorros curvineros de 100 a 150 brazas de longitud y con luz de malla de 5-6". Para la captura se ha contado con el apoyo de pescadores locales, quienes tienen plenamente identificadas las zonas de arribo de cardúmenes.



Foto: IAES

Figura 1. Embarcación utilizada para la captura de curvina golfina

Entre los organismos capturados, las hembras cuyas gónadas se encuentran en estadios de desarrollo gonadal avanzados pueden identificarse con relativa facilidad por su vientre abultado. Estos organismos han sido seleccionados para extraerles manualmente los gametos mediante la técnica conocida como ordeña o “stripping”, que consiste en presionar el abdomen en dirección anteroposterior para forzar la expulsión de los gametos (Figura 2).



Figura 2. Obtención de huevos de curvina golfina mediante la técnica de ordeña o stripping.

Pérez *et al.* 2013. Avances en el Estudio de la Maduración y Reproducción de Curvina Golfina en el Estado de Sonora, México
 En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C.
 (Eds), Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León,
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp.271-293.

A través de la experiencia en campo se ha determinado que deben preferirse aquellos peces cuyos ovocitos son expulsados con facilidad, o casi espontáneamente, ante una presión ligera del abdomen, ya que con ellos se han obtenido los mejores resultados de fecundación *in situ* por tratarse de hembras cuyas gónadas contienen ovocitos con un avanzado grado de hidratación. En este tipo de organismos puede apreciarse que el tejido ovárico es relativamente hialino, a través del cual pueden verse los ovocitos que tienen color un tanto anaranjado y que han alcanzado su máximo tamaño (Figura 3). En contraste, las hembras que tienen el abdomen abultado pero cuyos gametos no son expulsados con facilidad, generalmente poseen ovocitos aún no listos para ser desovados y por consiguiente el éxito en la fecundación es menor. En estos organismos la gónada es más bien opaca y aún posee un característico color amarillo (Figura 4).

A)



B)



Figura 3. Gónadas con ovocitos en avanzado estado de hidratación: A) Disección del abdomen de un organismo recién capturado; B) gónada separada sostenida en la mano para mostrar su dimensión



Figura 4. Gónada de curvina golfina en estado avanzado de desarrollo pero con ovocitos aún no completamente hidratados. Nótese el color amarillento de la gónada (flecha).

Una vez seleccionadas las hembras, los ovocitos extraídos son colocados en contenedores de plástico con capacidad de 4 L, como puede observarse en la Figura 2. Enseguida, se selecciona un macho con gónada madura, aplicando el mismo criterio, prefiriendo aquellos organismos cuyo esperma es liberado fácilmente al aplicar presión sobre el abdomen (Figura 5) y esparciendo el esperma sobre los ovocitos.

Es conveniente resaltar que el agua del Golfo de Santa Clara es bastante turbia. Sin embargo, esto no parece afectar la fecundación y viabilidad de los embriones de esta especie, ya que aquí es donde se llevan a cabo los desoves naturales. Tomando esto en consideración, para realizar las fecundaciones *in situ* en las primeras expediciones se utilizó agua tomada directamente de esa zona. Aunque se tuvo éxito en la fertilización de huevos, como pudo constatare una vez que fueron transportados al laboratorio en el CREMES



Foto: IAES

Figura 5. Fecundación *in situ*: extracción y adición de esperma de un macho a ovocitos recién obtenidos. Puede apreciarse el color blanco del esperma sobre los ovocitos en la charola.

en Bahía Kino, fue notorio el deterioro progresivo de la calidad de agua a lo largo del transporte, mismo que suele durar alrededor de 8 a 10 horas, lo que sin duda afectó la supervivencia de los embriones. Por ello, en las expediciones del año 2012 y 2013 se llevó del CREMES agua de mar limpia y filtrada para llevar a cabo la fecundación y el transporte

de los huevos con el fin de mejorar la supervivencia de las larvas, procedimiento que ha sido de gran utilidad. Los desoves *in situ* recién obtenidos son colocados individualmente en bolsas de plástico a las que se les provee de aireación moderada por medio de una bomba de aire o un compresor y piedras difusoras. Es impráctico el transporte y manejo de un tanque de oxígeno en la embarcación, por lo que se depende exclusivamente de la aireación. Una vez en tierra, las bolsas son colocadas para su transporte dentro de hieleras de plástico y son provistas de oxigenación y aireación moderadas. A este respecto, se ha ensayado el transporte con varios tipos de hielera, prefiriéndose aquellas fabricadas en plástico resistente y con un dren lateral, ya que ese orificio permite introducir la mangueras para la aireación y oxigenación, al mismo tiempo que permite mantenerlas cerradas a lo largo del trayecto.

V.2-Incubación de desoves de curvina golfina

Una vez en las instalaciones del CREMES, las bolsas con los desoves son colocadas en contenedores de incubación previamente preparados con agua limpia, filtrada y con aireación suave, colocando una bolsa o desove en cada incubadora y liberándolo en la incubadora una vez que ha alcanzado su aclimatación térmica. La incubadora recibe agua de mar limpia y filtrada a un flujo constante de entre 3 y 5 L por minuto. Transcurridas aproximadamente ocho horas después de la fecundación, es decir, al momento de la recepción de los desoves en el CREMES, son visibles los avances en el desarrollo embrionario, pudiendo apreciarse la fase de mórula (Figura 6), siendo este un indicativo del

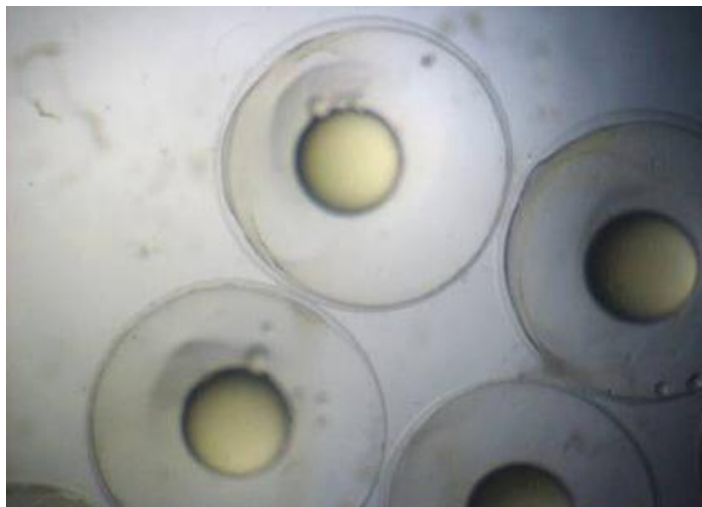


Figura 6. Embriones de curvina golfina en fase de mórula.

éxito en las fecundaciones realizadas. La cantidad de huevos viables y el éxito de las fecundaciones *in situ* ha sido variable. Por ejemplo, en una de las expediciones de marzo de 2013 se obtuvieron 6 desoves, observándose huevos fecundados en cuatro de éstos, en tanto que no hubo huevos viables en dos desoves. De los desoves en los que se obtuvieron huevos viables, el mayor número de éstos correspondió a 169,411 huevos, que representó un porcentaje de fertilización de 77%, mientras que el desove con el número menor de huevos viables fue de 12,307 huevos, correspondientes a un porcentaje de fertilización de 10%. Después de 24 horas de realizada la fecundación, el desarrollo del embrión es muy evidente. Después de 30 horas post-fecundación, la aleta primordial de los organismos está bien definida (Figura 7). La eclosión de los primeros huevecillos se ha observado generalmente entre 36 y 40 horas post-fecundación (Figura 8).

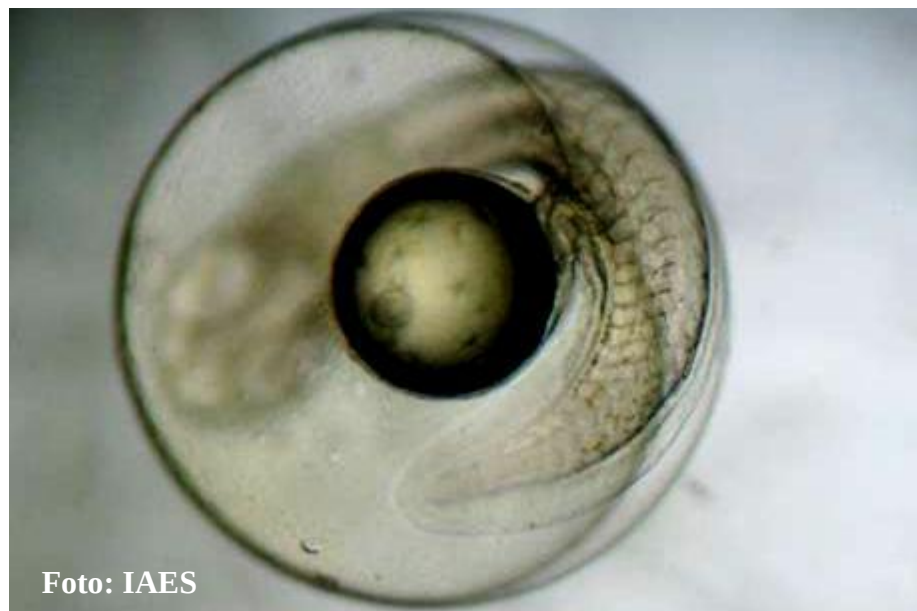


Figura 7. Embrión de curvina golfinia en avanzado estado de desarrollo. Puede apreciarse con claridad la aleta primordial.

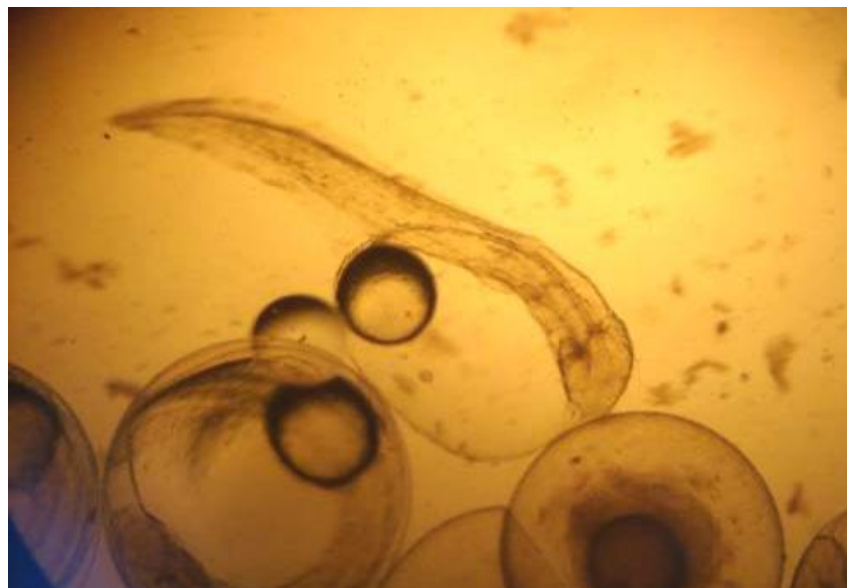


Figura 8. Embrión de curvina golfinia recién eclosionado, rodeado de otros cuya eclosión está muy cercana.

V.3-Desarrollo larvario

El desarrollo de los ovocitos se inspecciona periódicamente. Cuando un porcentaje mayor del 70% de los huevos de un desove ha eclosionado en las incubadoras, éstos se transfieren

Pérez *et al.* 2013. Avances en el Estudio de la Maduración y Reproducción de Curvina Golfinia en el Estado de Sonora, México
En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C.
(Eds), Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León,
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp.271-293.

a tanques de cultivo larvario de 4,000 L de capacidad con agua limpia, filtrada y aireación suave. Transcurrido un día después de la eclosión (DDE), las larvas se caracterizan por poseer abundante vitelo y la gota o glóbulo de aceite, así como las manchas oculares. Dos días DDE, es notable el desarrollo de las larvas, que tienden a nadar contra la suave corriente provocada por la aireación. La longitud promedio de estas larvas es de 4.0 mm y 1.3 mm de ancho (Figura 9). Tres DDE, un cambio notorio de las larvas es el inicio de la formación de las aletas pectorales. En este momento el tracto digestivo se encuentra definido y por experiencia se ha observado que inicia la alimentación exógena.



Figura 9. Larva de curvina golfinia 2 días después de la eclosión.

Se ha ensayado la alimentación con alimento balanceado comercial para larvas de peces con alto contenido de proteína, así como con alimento vivo. Aunque se ha observado que las larvas pueden consumir el alimento balanceado como primer alimento, actualmente se prefiere dar inicio a la alimentación exógena utilizando rotíferos, suministrados a una densidad de entre 5 y 10 rotíferos por mililitro. A los cuatro DDE, se ofrece a las larvas alimento balanceado comercial (Figura 10), pero se continúa el suministro de rotíferos hasta el día 13 o 15 DDE, momento en que dejan de ser aceptados por las larvas. Los nauplios de *Artemia* (instar I; Figura 11) forman parte importante del protocolo de alimentación, que pueden suministrarse a partir del día 7 DDE, a una concentración de 5 nauplios por mililitro y utilizándose en combinación con los rotíferos y con el alimento

balanceado. Las larvas dejan de aceptar los nauplios de *Artemia* entre el día 28 a 31 DDE. Con respecto al alimento balanceado, el alimento inicial debe de tener un tamaño de 50-100 μm y puede suministrarse desde el día 3 hasta el día 18 DDE. A partir del día 12 DDE, esta talla de alimento se mezcla progresivamente con otra mayor, de 150-200 μm , hasta que la más



Figura 10. Larva de curvina golfina de cuatro días de edad con partículas de alimento en el estómago.

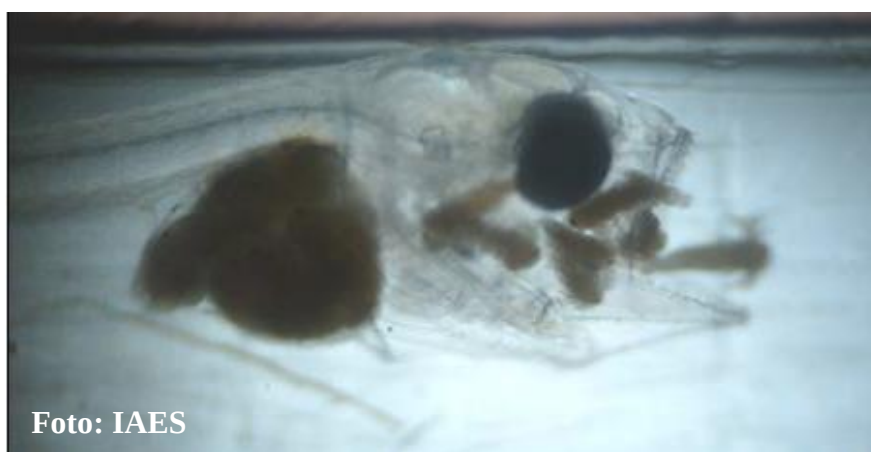


Figura 11. Alevín de curvina golfina ingiriendo nauplios de *Artemia* sp.

pequeña se suspende al día 18 DDE y es reemplazada por completo por la de 150-200 μm . Este mismo procedimiento se realiza con una siguiente talla de alimento, de 300-500 μm , que puede incorporarse a partir del día 19, dejando de suministrarse la talla de 150-200 el día 37 DDE. Entre los días 37 a 40 DEE, se incluye un tamaño de partícula de 1 mm y el día 65 DDE se suministra uno de 2 mm. El día 75 DDE, los organismos pueden consumir un alimento de 3 mm. De acuerdo a la experiencia hasta ahora adquirida, los alevines pueden considerarse como juveniles entre los días 35 y 40 DDE.

V.4-Cría de juveniles hasta talla de engorda

Los registros de crecimiento de la curvina golfina en el CREMES indican que bajo condiciones de cultivo en tanques de concreto al interior, los organismos pueden alcanzar 40 g de peso promedio en 110 días.

A través de estudios de entre 6 y 8 semanas de duración realizados bajo condiciones de laboratorio en el DICTUS, Universidad de Sonora, y utilizando organismos con tallas iniciales desde 17.2 a 102.6 g, las tasas de crecimiento específico (TCE) observadas para esta especie han variado de 0.9 a 1.3%/día (Maldonado-Othón, 2013; Urquidez-Bejarano). En comparación con la magnitud de crecimiento de otras especies que también pertenecen a la familia Scianidae, el crecimiento de la curvina es comparable al de *A. regius* (0.5-1.2%/día), reportado por Martínez-Llorens *et al.* (2011), pero menor al de la totoaba (1.7-1.8%/día: Minjarez-Osorio *et al.*, 2012; 1.2-2.5%/día: Rueda-López *et al.*, 2011) o a los de la curvina roja (*S. ocellatus*) o el verrugato del sur (*A. japonicus*), con valores de TCE de 3.32 y 3.25%/día, respectivamente (Battaglione y Talbot, 1994; Alo, 2008).

Además de lo anterior, tanto en el DICTUS como en el CREMES se han mantenido organismos en cautiverio (no como parte de estudios formales) en diversos tipos de infraestructura tales como raceways y tanques, con el fin de alcanzar mayores tallas, las cuales en algunos casos han superado los 500 g de peso individual.

En el año 2012 en el CREMES se ensayó el cultivo de curvina en jaulas marinas flotantes, mientras que en el DICTUS se intentó su cultivo en estanques de tierra. Lamentablemente, en ambos casos ocurrieron mortalidades que no permitieron concluir estos estudios. Sin embargo, en ambas instituciones se coincide en que el crecimiento de la curvina golfina aparentemente no es muy acelerado durante las etapas juveniles y hasta los 80 a 100 g de peso, pero una vez que alcanza estas tallas su crecimiento parece transcurrir con mucha mayor rapidez.

V.5-Desarrollo de dietas de maduración

En el año 2012 se dio inicio a un estudio para desarrollar alimentos balanceados para la maduración de reproductores de curvina golfina en el DICTUS, Universidad de Sonora. Se utilizaron organismos obtenidos de los desoves *in situ* que fueron mantenidos en raceways de 10 m³ de capacidad hasta que alcanzaron un peso individual entre 400 y 500 g. Se formularon 4 alimentos balanceados de maduración con altos niveles de proteína y de ácidos grasos altamente insaturados como el ácido docosahexaenoico (DHA) y el ácido araquidónico (ARA). Los pellets fueron elaborados con un extrusor Hobart (Modelo A-200, Hobart, Troy, Ohio, EUA) y se secaron durante 24 horas a una temperatura de 40°C, para posteriormente mantenerse en congelación hasta el momento de su administración. Se planeó evaluar el suministro de los alimentos balanceados por si solos y en distintas combinaciones con alimentos naturales (proporciones iguales de sardina y calamar), como se muestra en la Tabla 1, ya que la combinación de alimento balanceado + alimento natural

Tabla 1. Niveles de inclusión de alimentos balanceados y de alimento natural (sardina y calamar en iguales proporciones) para maduración de curvina golfina

Tratamiento	Alimento balanceado (%)	Alimento natural (%)
1	100	0
2	75	25
3	50	50

Pérez *et al.* 2013. Avances en el Estudio de la Maduración y Reproducción de Curvina Golfina en el Estado de Sonora, México
 En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C.
 (Eds), Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León,
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp.271-293.

4	25	75
5	0	100

ha probado ser exitosa para la maduración de otras especies de peces pertenecientes a la familia Scianidae (Cárdenas, 2012). A pesar de que el estudio tuvo un inicio adecuado, ya que los organismos aceptaron muy bien los alimentos balanceados (Figura 12), el lote



Figura 12. Reproductores de curvina golfina en un raceway en el DICTUS, Universidad de Sonora.

completo de organismos se perdió por la infestación de un agente patógeno, presuntamente *Amyloodinium* sp. Coincidentemente, un lote de organismos de la misma cohorte mantenidos en el CREMES también se perdió por completo, aparentemente por la misma causa.

VI-Aspectos por abordar o reevaluar

Sin duda, como resultado del trabajo realizado por el DICTUS de la Universidad de Sonora y el Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora, O.P.D., se han logrado avances significativos en el estudio de la maduración y reproducción de la curvina golfina. Entre ellos destacan la obtención de desoves *in situ* y el éxito tanto en la incubación como en la

crianza de larvas, juveniles y hasta tallas comercializables. Sin embargo, es preciso avanzar aún más en el conocimiento de aspectos relevantes para lograr la reproducción de esta especie bajo condiciones de cautiverio. Estos aspectos se describen a continuación.

Es necesario optimizar aún más el protocolo de alimentación durante el desarrollo larvario. Detalles de aspectos zootécnicos del cultivo larvario, tales como la densidad de siembra óptima, la concentración y enriquecimiento nutricional del alimento vivo (rotíferos y *Artemia*), tasas de alimentación óptimas con alimento balanceado, así como la optimización del destete, quedan pendientes de ser establecidos de manera reproducible.

Por otra parte, es necesario el desarrollo de alimentos balanceados de destete y de pre-engorda para esta especie. La disponibilidad de estos alimentos y su fabricación a nivel local o regional permitirá un mejor y más rápido desarrollo del cultivo comercial de esta interesante especie.

Así mismo, es necesario insistir en el desarrollo de alimentos balanceados de maduración. La experiencia del año anterior fue desafortunada debido a la mortalidad de los reproductores. A este respecto, cabe mencionar que en otros lotes de organismos jóvenes que posteriormente mostraron signos de infección por el mismo parásito, en el DICTUS se aplicó una disminución paulatina de la salinidad del agua de cultivo hasta 5 partes por mil, misma que se restituyó a la salinidad normal después de 4 días, resultando esta medida tan sencilla como efectiva para eliminar por entero el problema. A partir de los organismos obtenidos de los desoves *in situ* realizados en 2013 y una vez que hayan alcanzado tallas mayores, se espera repetir en 2014 los experimentos de desarrollo de dietas de maduración.

De manera conjunta con el desarrollo de dietas de maduración, la inducción al desove será un importante aspecto a evaluar en 2014. Por una parte, se ensayará la inducción al desove mediante la manipulación de factores físico-químicos como la temperatura y el fotoperiodo. Y por otra, se harán pruebas de inducción al desove mediante la administración de hormonas y otros compuestos que inciden sobre el eje hipotálamo-pituitaria-gónada.

VII-Conclusiones

Debido a que ostenta el segundo lugar en producción entre las pesquerías de escama en el Golfo de California, a la calidad y buena aceptación de su carne entre los consumidores, así como a que estudios recientes sugieren que la curvina golfina podría alcanzar la madurez sexual a una talla moderada y a una edad relativamente temprana, el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora y el Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora, O.P.D., han realizado estudios con la finalidad de elucidar aspectos zootécnicos de la maduración y reproducción de esta especie. En su mayor parte, estos son estudios pioneros y representan la primera evidencia documentada de aspectos de la reproducción de esta especie. Entre los avances más significativos destacan la obtención de desoves *in situ* y el éxito tanto en la incubación como en la crianza de larvas y de juveniles hasta alcanzar tallas comercializables. Sin embargo, es preciso continuar con el refinamiento de los protocolos de alimentación larvaria y abordar otros aspectos relevantes para lograr la reproducción de esta especie bajo condiciones de cautiverio, como lo son el desarrollo de alimentos balanceados de destete, pre-engorda y maduración, así como la inducción al desove mediante la manipulación de factores físico-químicos y mediante la administración de hormonas.

Literatura citada

- Alo, M. 2008. Florida researchers test prototype recirc system to rear Red Drum juveniles. *Hatchery International* 9: 46-47.
- Arnold, C.R., Bailey, W.H., Williams, T.D., Johnson, A. y J.L. Laswell. 1977. Laboratory spawning and larval rearing of red drum and southern flounder. *Proceedings of the Annual Conference of the Southern Association of Game and Fish Commissioners*.
- Battaglione, S.C. y R.B. Talbot. 1994. Hormone induction and larval rearing of mullet, *Argyrosomus hololepidotus* (Pisces. Sciaenidae). *Aquaculture* 126: 73-81.
- Cárdenas, S. 2011. Acuicultura de corvinas en el mundo. En: Lira-Valenzuela M., Lodeiros-Seijo C., González-Henríquez N., Rey-Méndez M., Guerra-Díaz A. & Fernández-Casal J. (Eds.). *Memorias del III Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura*, 10-12 de Noviembre, 2010, Hermosillo, Sonora, México, p. 25-45.
- Cárdenas, S. 2012. Biología y acuicultura de corvinas en el mundo. *Revista AquaTIC* 37, 1-13.
- Chatzifotis S., Villamor A., Limberis N., Papandroulakis N. y P. Divanach. 2006. First data on growth of culture brown meagre *Sciaena umbra* using diets with different protein and fat contents. *Fisheries Science* 72: 83-88.
- COSAES (Comité de Sanidad Acuicola del Estado de Sonora). Resultados 2009-2012. <http://www.cosaes.com>.
- Erisman, B., O. Aburto-Oropeza, C. González-Abraham, I. Mascareñas-Osorio, M. Moreno-Báez y P. A. Hastings. 2012. Spatio-temporal dynamics of a fish spawning aggregation and its fishery in the Gulf of California. *Scientific Reports* 2: 284, 1-11.
- Love G. y D. Langenkamp. 2003. Australian Aquaculture: Industry Profiles for Related Species, ABARE eReport 03.8, Prepared for the Fisheries Resources Research Fund, Canberra.
- Maldonado-Othón, C.A. 2013. Efecto del nivel dietario de proteína y energía sobre el desempeño biológico de la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*). Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Sonora.
- Martínez Llorens, S., Espert Moya, J., Jover, C.M. y A. Tomás-Vidal. 2011. Growth and nutrient efficiency of meagre (*Argyrosomus regius*, Asso 1801) fed extruded diets with different protein and lipid levels *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 3: 195-203.
- Minjarez-Osorio, C., González-Félix, M.L. y M. Perez-Velazquez. 2012. Biological performance of *Totoaba macdonaldi* in response to dietary protein level. *Aquaculture* 362-363: 50-54.
- PIRSA. 2001. Mullet aquaculture in South Australia. *Aquaculture SA Fact Sheet*, Adelaide, Australia.
- Román-Rodríguez, M.J. 1990. Alimentación de *Totoaba macdonaldi* (Pisces Sciaenidae) en la parte norte del Alto Golfo de California. *Ecologica* 1: 1-9.
- Román-Rodríguez, M.J. 2000. Estudio poblacional del chano norteño, *Micropogonias megalops* y la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* (Gilbert) (Pisces: Sciaenidae), especies endémicas del alto Golfo de México. *En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Alvarez-González, C. (Eds). Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp.271-293.*

- California, México. Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N. L298. Mexico D.F.
- Rueda-López, S., Lazo, J.P., Correa-Reyes, G. y M.T. Viana. 2011. Effect of dietary protein and energy levels on growth, survival and body composition of juvenile *Totoaba macdonaldi*. *Aquaculture* 319: 385–390.
- Thompson, D.A. y N. McKibbin. 1976. Gulf of California fishwatcher's guide. Golden Puffer Press. Tucson, Az. 75 pp.
- Van der Heiden, A. 1985. Taxonomía, Biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California, Cap. 4: 149-200.
- Urquidez-Bejarano, P. 2013. Efecto de la salinidad sobre la supervivencia, crecimiento y osmolalidad plasmática de juveniles de curvina golfina, *Cynoscion othonopterus*. Tesis de Maestría. Universidad de Sonora.