



AquaTIC
ISSN: 1578-4541
igjaugar@upv.es
Universidad de Zaragoza
España

Contreras-García, María de Jesús; Contreras-Sánchez, Wilfrido Miguel;
Mcdonal-Vera, Alejandro; Hernández-Vidal, Ulises; Cruz-Rosado, Leonardo
Reproducción inducida del robalo chucumite (*Centropomus parallelus*) en Tabasco, México
AquaTIC, núm. 56, 2020, pp. 15-25
Universidad de Zaragoza
Zaragoza, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49464995002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Reproducción inducida del robalo chucumite (*Centropomus parallelus*) en Tabasco, México

María de Jesús Contreras-García, Wilfrido Miguel Contreras-Sánchez*, Alejandro Mcdonal-Vera, Ulises Hernández-Vidal y Leonardo Cruz-Rosado

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIol). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, Tabasco, México.

*email: contrew@hotmail.com

Resumen

El robalo chucumite (*Centropomus parallelus*), es un pez distribuido en la costa Atlántica de América, desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de Brasil. En México su distribución incluye los estados costeros del Golfo de México en los cuales posee un alto valor comercial. Por su alta demanda en el mercado nacional, es considerado un recurso bajo alta presión por pesca. En el presente estudio se realizaron dos experimentos para la inducción a la reproducción de esta especie empleando implantes e inyecciones de GnRH-a. Se obtuvieron desoves con la técnica de implantes con porcentajes de fertilización de hasta 100% en algunas unidades experimentales. El porcentaje de eclosión estuvo entre $89,4 \pm 0,01$ y $97,2 \pm 5,5\%$, para las dosis de 100 y 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de pez, respectivamente. A los tres días posteriores a la eclosión, la dosis de 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ registró los mejores resultados para la talla de las larvas con $1,72 \pm 0,25$ mm. En el segundo caso se utilizó la técnica de inyección (probando dosis de 75 y 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de pez), obteniéndose únicamente crecimiento de los ovocitos. De este modo se determinó que la dosis de 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ fue la mejor al presentar el mayor diámetro de ovocitos después de la inducción con $481,25 \pm 120,03$ μm , concluyéndose que es posible obtener desoves eficientemente empleando la técnica de implantes.

Palabras clave: *Centropomus parallelus*, desove, GnRH-a, reproducción inducida

Summary

Induction of reproduction in the fat snook (*Centropomus parallelus*) in Tabasco, Mexico

The fat snook (*Centropomus parallelus*), is a fish distributed on the Atlantic coast of America, from the south of the United States to the south of Brazil. In Mexico its distribution includes the coastal states of the Gulf of Mexico, in which it has a high commercial value. Due to its high demand in the national market, it is considered a resource under high fishing pressure. In the present study, two experiments were conducted for the induction of reproduction of this species using implants and injections of GnRH-a. Spawnings were obtained with implants, with fertilization percentages reaching up to 100% in some experimental units. The hatching percentage was between 89.4 ± 0.01 and $97.2 \pm 5.5\%$, for the dosages of 100 and 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ fish, respectively. The 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dose recorded the best results for larval size at 1.72 ± 0.25 mm. In the second set of experiments, the injection technique was used (testing doses of 75 and 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ fish), obtaining only oocyte growth. In this way it was determined that the dose of 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ was the best because it presented the largest diameter of oocytes after induction with 481.25 ± 120.03 μm , concluding that it is possible to obtain spawn efficiently using the implant technique.

Keywords: *Centropomus parallelus*, GnRH-a, induction of reproduction, spawning

Introducción

En Latinoamérica hay 12 especies de robalo, seis de las cuales se encuentran en el Atlántico y el Caribe (Álvarez-Lajonchère y Tsuzuki, 2008). El robalo chucumite, *Centropomus parallelus* (Poey, 1860), está distribuido en el Atlántico de América, desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de Brasil. En México, el chucumite se captura comercialmente en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche; siendo

Tabasco el estado que aporta aproximadamente el 80% de los volúmenes de captura, aunque en 2006 llegó a aportar el 94,7% (CONAPESCA, 2020). De manera global, los volúmenes de captura en Tabasco indican un descenso pues en los años de 2006 y 2007 se reportaron poco más de 500 t, mientras que para 2014 disminuyó hasta 400 t. Esta merma en la pesquería de robalo se debe principalmente a la sobrepesca generada por un alto valor en el mercado y fuertes apoyos a las cooperativas con redes, lanchas y motores entre los años de 1980 a 2000. Esta presión pesquera se origina por una gran demanda de las especies de robalo en todo México, razón por la cual, es urgente buscar alternativas de manejo que permitan soportar la demanda, reduciendo la presión por pesca.

El chucumite presenta un gran potencial para el desarrollo de su cultivo pues tiene características biológicas deseables para el manejo en cautiverio (Chávez, 1963). Sin embargo, al igual que otras especies de peces marinos de interés comercial el manejo reproductivo es complejo. Para lograrlo es necesario aplicar algunos métodos de inducción del desove, mismos que en ocasiones requieren el uso de hormonas, ya sea para acelerar la maduración de los gametos, obtener desoves fuera de la temporada reproductiva, haciendo más eficiente el uso de la infraestructura y en algunos casos romper los bloqueos generados por el estrés del confinamiento (Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón, 2001; Conte, 2004).

Dentro de los tratamientos hormonales más empleados en acuicultura se encuentran la aplicación de inyecciones y de implantes. En el primer caso, la dosis total de la hormona se puede inyectar en una o en varias dosis parciales; dependiendo de la fase de maduración de los ovocitos que se desea inducir (Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón, 2001). En el caso de los implantes, se pretende sincronizar la ovulación y desove mediante la lenta liberación de la hormona, pudiéndose adelantar el período de desove de algunas especies (Mylonas *et al.*, 1995; Mylonas *et al.*, 2010; Zohar y Mylonas, 2001). En ambas técnicas se ha empleado una gran variedad de hormonas. Sin embargo, los análogos del factor u hormona liberadora de gonadotropina (GnRH-a) se consideran los mejores ya que actúan en los primeros eslabones de la cadena reproductiva induciendo a los peces a producir sus propias gonadotropinas, además, de ser funcionales en dosis bajas (Álvarez-Lajonchère y Hernández, 2001; Zohar, 1989).

En el chucumite se han llevado a cabo diversos estudios enfocados a generar un paquete tecnológico para su cultivo, pero en general aún se observa la limitante de que los organismos se obtienen del medio natural, por lo que existe una dependencia de las poblaciones naturales, causando presión no solo sobre adultos sino también en juveniles. En el presente trabajo se evaluaron alternativas que permitieran obtener crías bajo condiciones de cautiverio a través de la inducción controlada del desove y la evaluación de la calidad de los desoves para coadyuvar al manejo sustentable de este recurso.

Material y Métodos

Obtención y mantenimiento del lote de reproductores

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación de Acuicultura Marina de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en la localidad de Jalapita, Centla, Tabasco, en México. De un total de 200 organismos silvestres (peso promedio de $288,82 \pm 67,54$ g y longitud total promedio de $30,15 \pm 2,89$ cm) capturados con redes de luz de malla de 3 pulgadas, se seleccionaron 48 hembras y 96 machos para llevar a cabo los experimentos. Estos peces se mantuvieron en aclimatación en estanques circulares de geomembrana de

polietileno de 6 m de diámetro, con capacidad de 28 m³ y se alimentaron con trozos de peces de la familia Clupeidae.

Diseño experimental

Se llevaron a cabo cuatro experimentos para inducir al desove; dos con inyecciones (experimentos uno y tres) y dos con implantes (experimentos tres y cuatro). Los primeros dos experimentos consistieron en diseños de bloques completos al azar (fecha de replicación). Debido a la limitante en el número de tanques, las réplicas se realizaron en diferentes tiempos. Esto se ha definido como pseudoreplicación, debido a que las unidades experimentales no son manipuladas simultáneamente y no son independientes en el tiempo (Schank y Koehnle, 2009). En ambos experimentos se emplearon cuatro pseudoreplicaciones a lo largo del tiempo. En el experimento uno, se evaluaron tres tratamientos con inyecciones (0, 75 y 150 µg por pez), mientras que a los machos se les inyectaron 50 µg/pez. En el segundo experimento se evaluaron implantes (0, 100 y 200 µg por pez), mientras que los machos recibieron implantes con 100 µg/pez. Los experimentos tres y cuatro consistieron en diseños completamente aleatorizados con cuatro replicas simultáneas; en estos experimentos se evaluaron las mismas dosis de inyecciones e implantes empleadas en los primeros experimentos.

Las unidades experimentales consistieron en tanques circulares de plástico de 2 m de diámetro con 1800 L de capacidad conectados a un tanque cilíndrico de 40 L, conteniendo en su interior un colector de huevos (400 µm de luz de malla). Se utilizó agua de mar con recambios diarios del 50%. En cada corrida de colocaron una hembra y dos machos por tanque. Durante los experimentos se monitoreó el oxígeno disuelto y la temperatura con un oxímetro YSI55[®] y la salinidad con un refractómetro SR6 Vital Sine Premium[®]. Los experimentos efectuados en el presente estudio se llevaron a cabo en condiciones promedio de 6,98 ± 0,76 mg/L de oxígeno disuelto, 25,08 ± 2,23 °C de temperatura; y 30,68 ± 3,05 UPS de salinidad.

Elaboración de implantes hormonales

Para la preparación de los implantes de GnRH-a se empleó la metodología descrita por Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón (2001) para implantes de LHRH-a, la cual consiste básicamente en preparar un comprimido a base de colesterol (95%) y celulosa (5%) y añadir la concentración de hormona requerida. Se emplea manteca de cacao como aglutinante y se comprime la mezcla. Los implantes son de aproximadamente 0,5 cm de longitud y 2 mm de diámetro.

Inducción al desove mediante implantes de GnRH-a

Previo a la inducción se realizó un muestreo *in vivo* de los ovocitos mediante la canulación de las hembras, descartando aquellas en las que no se obtuvieron muestras con ovocitos de al menos 300 µm de diámetro. Lo anterior se llevó a cabo para verificar avances en la maduración empleando un micrómetro de ocular adaptado a un microscopio estereoscopio (Zeiss[®]). A cada una de las hembras seleccionadas se le implantó la concentración deseada de hormona GnRH-a (Argent Labs[®]) control (0 µg/pez), 100 o 200 µg/pez. En cada tanque se colocó una hembra (347,50 ± 52,95 g de peso y 34,43 ± 2,09 cm de longitud total) y dos machos (196,25 ± 34,98 g y 28,84 ± 1,60 cm). A todos los machos de los tratamientos donde las hembras recibieron hormona se les colocó un implante de 100 µg de GnRH-a/pez. Los implantes fueron colocados en la cavidad peritoneal cerca de la base de la aleta pectoral. Posteriormente se aplicó crema antibiótica con gentamicina en el área donde se colocaron los implantes para evitar infecciones. Todos los peces empleados fueron seleccionados al azar, se anestesiaron usando 200 mg/L de metanosulfonato de tricaina (MS-222[®]), se midieron

con un ictiómetro convencional, y se pesaron con una balanza digital Torrey® con precisión de 1 g.

Inducción al desove mediante inyecciones de GnRH-a

Las hembras fueron seleccionadas por observación del diámetro de ovocitos ($> 300 \mu\text{m}$) mediante canulación. Para las inyecciones se preparó la hormona a una concentración de $100 \mu\text{g/mL}$ en solución salina y se aplicaron las dosis de hormona a 0 (control), 75 y $150 \mu\text{g/kg}$ de hembra y $50 \mu\text{g/kg}$ de macho. Los pesos y longitudes promedio de los peces empleados fueron los siguientes: $360,83 \pm 80,34 \text{ g}$ y $32,37 \pm 2,64 \text{ cm}$ para hembras y $233,96 \pm 37,96 \text{ g}$ y $28,35 \pm 1,68 \text{ cm}$ para machos, respectivamente.

Evaluación de la efectividad de los tratamientos

Se esperó a que ocurrieran los desoves, determinándose la hora de inicio del desove. Los huevos se colectaron por reboso utilizando las bolsas colectoras y posteriormente se pasaron a cubetas de plástico de 40 L con agua de igual salinidad, temperatura y aireación suave. Se incubaron únicamente los huevos que se mantuvieron flotantes puesto que estos se consideran viables. La efectividad de los tratamientos se evaluó mediante la ocurrencia o no de desoves. La calidad de los desoves se evaluó empleando el número de huevos, el diámetro de huevos, el porcentaje de fertilización, el porcentaje de eclosión y talla de larvas a la absorción del saco vitelino (72 horas después de la eclosión).

El número de huevos se estimó mediante el método volumétrico. El diámetro de huevo se determinó empleando muestras aleatorias por desove ($n = 100$) y se midieron con un micrómetro de ocular calibrado en un microscopio estereoscópico (Zeiss®). Se incubaron los huevos de cada desove que se mantuvieron pelágicos y posteriormente se evaluó el porcentaje de fertilización distinguiendo los huevos (por presencia de blastómeros) de los óvulos no fecundados, analizándose aleatoriamente bajo el microscopio estereoscópico 100 huevos de cada desove. El porcentaje de eclosión se evaluó mediante el conteo de larvas eclosionadas y huevos inviables de una muestra de 100 huevos por muestreo. Las larvas eclosionadas se mantuvieron en recipientes limpios con las mismas condiciones a las que se incubaron hasta la primera alimentación (Hernández-Vidal, 2002). Se registró el número total de larvas por volumetría y la longitud a la absorción del saco vitelino tomándose 100 larvas por unidad experimental.

Análisis estadístico

Se empleó un análisis de covarianza factorial (ANCOVA) para evaluar la efectividad de los tratamientos usando como factor principal las dosis de hormona, como factor bloqueado la fecha de pseudoreplicación y como covariables el peso de las hembras y el diámetro inicial de los ovocitos obtenidos por canulación. Las variables porcentaje de fertilización y porcentaje de eclosión se analizaron empleando un análisis de Chi-cuadrada mediante tablas de contingencia. Todos los análisis se realizaron empleado el paquete estadístico STATGRAPHICS™ v16. Las diferencias estadísticamente significativas se consideraron empleando un nivel de confianza de $p < 0,05$.

Resultados

Inducción al desove mediante implantes de GnRH-a

En los dos experimentos en los que se emplearon implantes se obtuvieron resultados similares sobre la inducción al desove. Los dos tratamientos con implantes indujeron desoves en la mayoría de las hembras tratadas con hormona (14 de 16), desovando 7

de 8 hembras inducidas en cada experimento. Con respecto a las dosis, se obtuvo que en el tratamiento de 100 µg/pez desovaron tres hembras (75%) y en el tratamiento de 200 µg/pez desovaron las cuatro hembras (100%). Ninguna de las hembras de los grupos control de ambos experimentos desovó. La observación de tejido ovárico por canulación de las hembras del grupo control reveló, además, que hubo una regresión del avance en la maduración, pues no se obtuvieron ovocitos en maduración en las muestras. De igual manera, muestreos en hembras desovadas permitieron observar la completa ausencia de ovocitos en maduración. Debido a que en el grupo control no se obtuvo desove, en el análisis estadístico sobre calidad del desove solo se incluyeron los organismos tratados con hormona.

En los dos experimentos con implantes no se observaron diferencias estadísticamente significativas para el número de huevos producidos por hembra entre los tratamientos (ANCOVA; $p > 0,05$). En promedio se obtuvieron 10093 ± 7757 huevos para la dosis de 100 µg/pez y 9640 ± 7795 huevos para la dosis de 200 µg/pez. En la segunda corrida (experimento tres) se registraron 56881 ± 21442 huevos con la dosis de 100 µg/pez y 27646 ± 2878 huevos para la dosis de 200 µg/pez.

Los resultados del ANCOVA para el diámetro de huevos en ambos experimentos indican que no hay un efecto significativo de las dosis empleadas (ANCOVA; $p > 0,05$), los valores promedio del primer experimento fueron de $607,17 \pm 68,03$ µm para la dosis de 100 µg/pez y $605,98 \pm 51,61$ µm para la dosis de 200 µg/pez. En el segundo experimento, los valores promedio fueron de $636,00 \pm 16,74$ y $600,00 \pm 47,14$ µm para las dosis de 100 y 200 µg/pez, respectivamente. No se observó un efecto significativo de la fecha de pseudoreplicación, del peso de la hembra, ni del diámetro inicial de ovocitos (ANCOVA; $p > 0,05$) en el diámetro de huevos.

El análisis estadístico para la fertilización en ambos experimentos indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos con hormona (X^2 ; $p < 0,001$), siendo los implantes de 100 µg/pez los que presentaron los resultados más altos en contraste con los peces inducidos con 200 µg (Figura 1a y 1b). También se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con hormona para el porcentaje de eclosión en el experimento uno (X^2 ; $p < 0,001$), presentándose resultados más altos en los peces tratados con 200 µg/pez, que para aquellos tratados con 100 µg (Figura 2). En el segundo experimento, no se observó eclosión en ningún tratamiento.

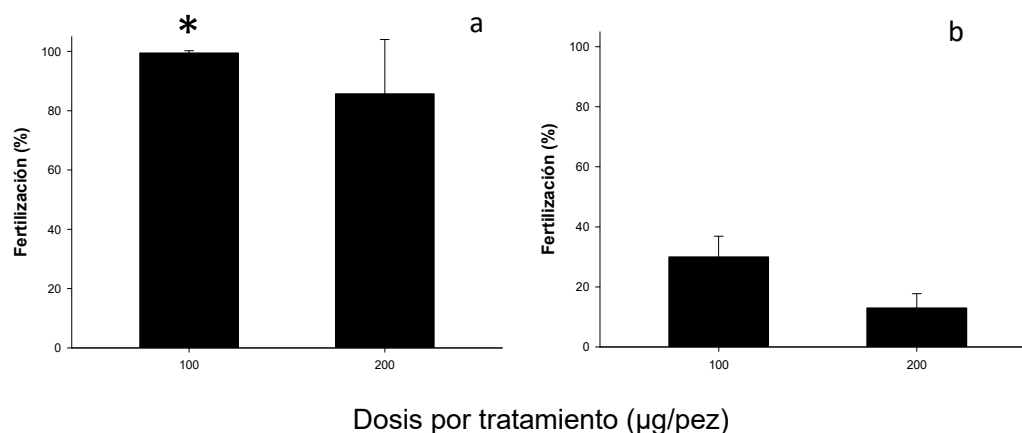


Figura 1. Porcentaje de fertilización en *C. parallelus* usando implantes de GnRH-a en cautiverio para el primer (a) y segundo (b) experimento. El asterisco indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (X^2 , $p < 0,05$).

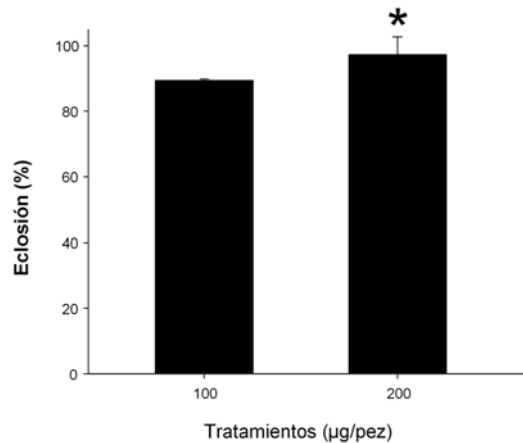


Figura 2. Porcentaje de eclosión en *C. parallelus* usando implantes de GnRH-a en cautiverio. El asterisco indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (ANCOVA, $p < 0,05$).

De todas las hembras que desovaron en el primer experimento, solo sobrevivieron a la primera alimentación las larvas de una hembra del tratamiento con 100 µg/pez y las larvas de dos hembras del tratamiento con 200 µg/pez. Las larvas de la dosis de 100 µg/pez midieron en promedio $1,72 \pm 0,25$ mm y las de 200 µg/kg $1,61 \pm 0,12$ mm. Para el primer caso se obtuvieron 5084 larvas, mientras que para el segundo caso el número fue 2158.

Inducción al desove mediante inyecciones de GnRH-a

Los tratamientos con inyecciones en los dos experimentos no indujeron desoves en ninguno de los peces tratados con la hormona, ni tampoco se observaron en los peces de los grupos control; debido a esto, solo se midió el diámetro final alcanzado por los ovocitos posterior al tratamiento. Los resultados estadísticos de los dos experimentos realizados indican que no hay un efecto significativo de la dosis empleada, de la fecha de pseudoreplicación, del diámetro inicial de los ovocitos, ni del peso de las hembras (ANCOVA; $p > 0,05$) sobre el diámetro final de los ovocitos (Figura 3a y 3b).

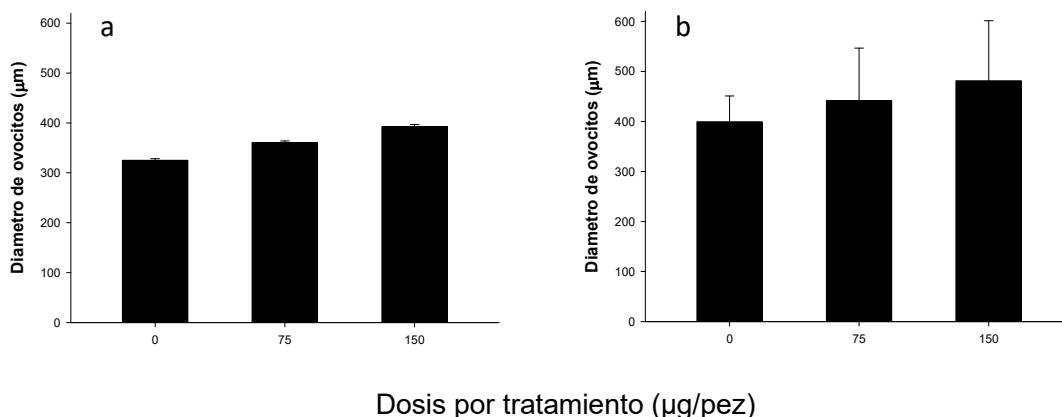


Figura 3. Diámetro de huevos de *C. parallelus* usando inyecciones de GnRH-a en *C. parallelus* para el primer (a) y segundo (b) experimento. Los valores para el grupo control (0 µg/kg) provienen de los datos obtenidos por biopsia ovárica.

Discusión

El presente estudio permitió inducir exitosamente el desove de *C. parallelus* mediante el empleo de implantes hormonales; mientras que las inducciones con inyecciones no dieron resultados satisfactorios. La calidad de huevos obtenidos empleando implantes se considera como buena al obtenerse porcentajes de fertilización y porcentajes de eclosión dentro de los rangos reportados para peces marinos por Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón, (2001). Cerqueira y Canarín (2008) también obtuvieron desoves y larvas al inducir a la reproducción de *C. parallelus* con implantes de GnRH-a manejando dosis menores a las empleadas en el presente trabajo (30 y 50 µg/kg). La ventaja de emplear dosis por animal y no por kilogramo de peso, radica en que no es necesario conocer el peso del organismo, por lo que se evita su manipulación y, en consecuencia, se reduce el estrés. Esto es de particular importancia en el cultivo de Centropómidos que han demostrado ser muy sensibles al manejo en cautiverio. En otros estudios se han obtenido desoves de *C. parallelus* por medio del uso de implantes e inyecciones de LHRH-a con dosis de 50 µg/kg entre 35-42 horas después de aplicados los tratamientos (Ferraz *et al.*, 2002). Estos autores indican que no hubo diferencias entre el uso de una técnica u otra para la inducción al desove de *C. parallelus* al no registrar diferencias significativas entre el número de huevos producidos por hembra, el porcentaje de fertilización y la eclosión. Sin embargo, en nuestro estudio el uso de inyecciones no indujo al desove en ninguna unidad experimental. Estos resultados se pueden deber, a que las dosis empleadas pudieron no ser efectivas al haberse aplicado en una sola inyección. El hecho de haberse confirmado el diámetro de los ovocitos indica que las hembras no habían participado en desoves en su ambiente natural o que debido a su reciente extracción del medio silvestre el estrés haya inducido la reabsorción de los gametos; hecho que se corrobora al haberse inducido desoves exitosos con los implantes.

Si bien, algunos de los trabajos reportados para Brasil han generado resultados positivos con la misma especie empleando inyecciones de hormonas (Cerqueira *et al.*, 2005; Cerqueira y Tsuzuki, 2009; Ferraz *et al.*, 2002; Reis y Cerqueira, 2003), algunos autores han mencionado que el hecho de que una técnica o metodología funcione para una especie, no significa que funcionará para la misma especie en otras condiciones, por lo que para cada especie, localidad y condición se requiere ajustar los tratamientos de inducción en condiciones controladas para evaluar los resultados (Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón, 2001).

En otras especies de peces se ha observado que el uso de implantes de GnRH-a produce huevos viables en desoves repetidos, argumentándose que la hormona se va liberando de manera sostenida para inducir la ovulación. Además de que se ha mencionado que con esta técnica se garantiza la madurez tanto en el género masculino como en el femenino, evitándose la manipulación continua de los peces que están bajo estudio hormonal (Berlinsky *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 1986; Mylonas *et al.*, 2010; Sipos *et al.*, 2019). De esta manera se logran evitar los efectos nocivos que el estrés puede ocasionar en la reproducción de los peces (Pankhurst, 2016; Schreck *et al.*, 2001). La mayoría de los autores coinciden en que el uso de implantes reduce el estrés en los peces empleados. En nuestro estudio el uso de esta técnica permitió que los peces solo se sometieran al manejo una sola vez al aplicar los implantes sin la necesidad de hacer manipulaciones posteriores por lo que probablemente se redujo el estrés significativamente y se logró el éxito en el desove.

Los resultados de la reproducción inducida en peces no siempre son satisfactorios pues la técnica, la hormona o las dosis empleadas pueden ser ineficaces. Por ejemplo, en algunos casos se han logrado obtener avances en el crecimiento de ovocitos al estimular

la vitelogénesis y hasta lograr la maduración final de los ovocitos; sin embargo, no siempre desovan los peces (Duncan *et al.*, 2003; Zohar y Mylonas, 2001).

En nuestro estudio, además observamos que la inducción al desove con implantes es siempre exitosa cuando se emplean hembras dentro de la temporada reproductiva independientemente de que la inducción se lleve a cabo en diferentes fechas (pseudoreplicación). También fue posible identificar que el peso de las hembras no influyó en el tamaño final de los huevos obtenidos. En contraste a esto, Bagenal (1969) sugiere que la edad de madurez de las hembras puede afectar el tamaño de los huevos y que hembras de mayor talla producen huevos más grandes.

En algunos estudios se han obtenido resultados favorables mediante el empleo de inyecciones. Al respecto, Reis y Cerqueira (2003) obtuvieron desoves con organismos de esta especie en Brasil empleando inyecciones de LHRH-a con dosis por kilogramo de pez (mismas dosis para hembras y machos) de 30, 50 y 70 μg a partir de diámetro de ovocitos de 425 μm , el tratamiento se aplicó en algunos casos más de una vez. Esta situación pudo haber sido clave en los resultados obtenidos puesto que cuando la hormona es aplicada mediante inyecciones, se alcanzan niveles elevados en pocas horas, aunque tienen un efecto relativamente corto pues los picos disminuyen rápidamente. En nuestro estudio, se emplearon dosis únicas por organismo y es posible que los peces no hayan alcanzado la maduración suficiente como para desovar. Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón (2001) mencionan que los niveles hormonales más altos se han observado en las primeras horas de aplicación del tratamiento, por lo que es posible que la acción de la hormona dentro del pez no estimule el desarrollo completo del ovocito cuando estos se encuentran en etapas tempranas de desarrollo y por lo tanto que no se alcance el desove (Mylonas y Zohar, 2000). En este sentido, Álvarez-Lajonchère y Hernández-Molejón (2001) recomiendan que las inyecciones deben hacerse en dosis parciales administradas en diferentes tiempos, para permitir que se lleve a cabo todo el proceso de desarrollo del ovocito. Fitzpatrick *et al.* (1987) determinaron que la hormona GnRH-a es eficaz en la aceleración de la maduración de ovocitos en el salmón plateado (*Oncorhynchus kisutch*) con inyecciones parciales. Independientemente de la especie, los mejores resultados se obtienen cuando se hace una buena selección de los peces que probablemente respondan al tratamiento hormonal y que éste se aplique cuando los ovocitos hayan completado la vitelogénesis para poder obtener una buena fecundidad y calidad de huevos (Prat *et al.*, 2001).

En el presente estudio se logró inducir desoves en hembras que presentaban ovocitos >350 μm de diámetro. Este resultado es muy valioso puesto que Cerqueira (1995) propuso con anterioridad que la aplicación del tratamiento hormonal en robalos debe realizarse cuando el diámetro de los ovocitos se encuentre entre 400 y 500 μm . Nuestros resultados indican que la inducción puede ser exitosa con ovocitos más pequeños, alcanzándose la maduración final y el desove. Sullivan *et al.* (2003) mencionan que la inducción al desove debe realizarse cuando se haya completado el crecimiento del ovocito pues de lo contrario los peces en cautiverio inician el proceso de atresia y con ello nunca se logra el desove. Es evidente que la hormona GnRH-a aplicada en implantes y en las dosis empleadas impide en la mayoría de los casos el proceso de atresia folicular. Sin embargo, no se obtuvo lo mismo con los organismos inyectados. De la misma manera, el grupo control tuvo un proceso de reabsorción ovárica, mismo que debió estar relacionado con el estrés generado por la manipulación de los peces.

En términos generales, el uso de la técnica de implantes dio resultados positivos en este estudio como consecuencia de que la hormona se va liberando lentamente dentro del cuerpo del pez, permitiendo de este modo que el ovocito tenga oportunidad de ir completando su crecimiento hasta llegar a la maduración final. Por otro lado, la técnica

de inyección no permitió obtener resultados satisfactorios pues la hormona tiene una residencia en la circulación de los peces, los cuales van desde pocas horas a pocos días dependiendo del tipo de GnRH-a, la dosis, la especie y la temperatura del agua (Mylonas y Zohar, 2000). En cuanto a la duración y magnitud del efecto de inyecciones, se ha reportado que en la trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*), la hormona tiene una duración de 8 horas en la circulación sanguínea (Crim *et al.*, 1988), mientras que en la dorada (*Sparus aurata*) la duración es de 12 horas (Zohar, 1995). Mylonas y Zohar (2000) resaltaron que las inyecciones provocan que la respuesta sea casi inmediata y que no haya una ventana de oportunidad para que el ovocito madure lentamente y por lo tanto en algunos casos los ovocitos sean de mala calidad e inicien el proceso de atresia. Esto sugiere que las inyecciones funcionan cuando los ovocitos ya se encuentran en la fase final de desarrollo y prácticamente listos para el desove.

En relación a la calidad de larvas en nuestro estudio, la talla inicial alcanzada por las larvas fue similar a los estudios realizados por Álvarez-Lajonchère *et al.* (2002) con tallas de entre 1,70 a 2,00 mm y un promedio de $1,85 \pm 0,08$ mm. Mientras que Peters *et al.* (1998) reportaron tallas de larvas eclosionadas de robalo blanco (*C. undecimalis*) en Florida de entre 1,4 a 1,5 mm. Sin embargo, consideramos que es urgente realizar estudios sobre la alimentación, tamaño del alimento vivo y destete, para lograr mejorar la sobrevivencia de las larvas de esta especie.

Con base en los resultados obtenidos concluimos que el uso de GnRH-a por medio de implantes permite incrementar el diámetro de ovocitos e induce la maduración de los mismos y en consecuencia el desove con dosis de 100 y 200 $\mu\text{m}/\text{pez}$. Con esta técnica se obtuvieron larvas viables de *C. parallelus*, a partir de diámetro de ovocito de aproximadamente 370 μm ; a pesar de que se empleó un diámetro de ovocito inferior a lo recomendado en la literatura para los Centropómidos. Para el uso de inyecciones es necesario profundizar en investigaciones sobre el momento y las dosis adecuadas para aplicar el tratamiento exitosamente.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por Fisheries and Aquaculture Collaborative Research Support Program, número de acceso 1374. El F&A-CRSP es parcialmente financiado por la United States Agency for International Development (USAID). Financiamiento No. LAG-G-0-96-90015-00 y por otras instituciones participantes. Las opiniones vertidas son exclusivas de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la US Agency for International Development.

Bibliografía

1. Álvarez-Lajonchère, L., Hernández-Molejón, O. G. (2001). *Producción de juveniles de peces estuarinos para un centro en América Latina y el Caribe: diseño, operación y tecnologías*. Baton Rouge, LA: The World Aquaculture Society.
2. Álvarez-Lajonchère, L., Cerqueira, R. V., Reis, M. (2002). Desarrollo embrionario y primeros estudios larvales del robalo chucumite, *Centropomus parallelus* Poey (Pisces, Centropomidae) con interés para su cultivo. *Hidrobiológica*, 12(2): 89-99.
3. Álvarez-Lajonchère, L., Tsuzuki, M. (2008). A review of methods for *Centropomus* spp. (Snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. *Aquaculture Research*, 39(7): 684-700.
4. Bagenal, T. B. (1969). Relationship between egg size and fry survival in brown trout *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology*, 1(4): 349-353.

5. Berlinsky, D. L., King, W. V., Smith, T. I. J., Hamilton, R. D., Holloway, J. Jr., Sullivan, C. V. (1996). Induced ovulation of southern flounder *Paralichthys lethostigma* using gonadotropin releasing hormone analogue implants. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(2): 143-151.
6. Cerqueira, V. R. (1995). Testes de inducao de desova do robalo, *Centropomus parallelus*, do litoral da ilha de Santa Catarina com gonadotrofina corionica humana. In: *Anais do VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca*, 22-26 julho 1991, Santos, Recife, pp. 95-102. Associacao dos Engenheiros de Pesca de Pernambuco-SUDENE, Recife, Brazil.
7. Cerqueira, V. R., Mioso, R., Canarín, M. (2005). Indução de desova com fertilização natural e artificial e incubação de ovos do robalo-peva *Centropomus parallelus*. *Atlântica, Rio Grande*, 27(1): 31-38.
8. Cerqueira, V. R., Canarín, M. (2008). Multiple spawning of the fast snook *Centropomus parallelus* using different dosage of LHRH. *Cybium*, 32(2): 330-331.
9. Cerqueira, V. R. (2009). Spawning and larviculture of the fat snook *Centropomus parallelus* and the common snook *Centropomus undecimalis* in Brazil. In: *Abstracts of Symposium International on the Biology and Culture of Snooks, México*, (2), pp. 13-15. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.
10. Cerqueira, V. R., Tsuzuki, M. Y. (2009). A review of spawning induction, larviculture, and juvenile rearing of the fat snook, *Centropomus parallelus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(1): 17-28.
11. Chávez, H. R. (1963). Contribución al conocimiento de la Biología de los robalos, chucumite y constantino *Centropomus undecimalis* del Estado de Veracruz, México. *Ciencia*, 22(5): 141-161.
12. CONAPESCA. (2020). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*. Consultado 21/05/2020.
13. Contreras-Sánchez, W. M., Contreras-García, M. J., Mcdonal-Vera, A., Hernández Vidal, U., Martínez García, R., Cruz Rosado, L. (2012). *Manual para la producción de robalo blanco Centropomus undecimalis en cautiverio*, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.
14. Contreras-García M. J., Contreras-Sánchez W. M., Hernández-Vidal, Mcdonal-Vera, A. (2015). Induced spawning of the common snook, *Centropomus undecimalis* in captivity using GnRH-a implants. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(6): 357-362.
15. Contreras-García M. J., Contreras-Sánchez W. M., Mcdonal-Vera, A., Hernández-Vidal, U., Vidal-López J. M., Álvarez-González, C. A., Páramo-Delgadillo, S. (2010). Variación reproductiva en hembras silvestres de chucumite *Centropomus parallelus* mediante el empleo del diámetro de ovocitos. *Kuxulkab*, 17(31): 49-54.
16. Contreras-García M. J., Contreras-Sánchez W. M., Hernández-Vidal U., Arias Rodríguez, L., Mcdonal-Vera, A., Vidal-López, J. M., Álvarez-González, C. A., Páramo Delgadillo, S., Patiño, R. (2011). Evaluación de la calidad espermática del robalo chucumite *Centropomus parallelus* usando implantes de GnRH-a bajo condiciones de laboratorio. *Kuxulkab*, 17(32): 11-15.
17. Crim, L. W., Sherwood, N. M., Wilson, C. E. (1988). Sustained hormone release II. Effectiveness of LHRH analog (LHRHa) administration by either single time injection or cholesterol pellet implantation on plasma gonadotropin levels in a bioassay model fish, the juvenile rainbow trout. *Aquaculture*, 74: 87-95.
18. Duncan, N. J., Rodríguez M. de O., G. A. Alok, D., Zohar, Y. (2003). Effects of controlled delivery and acute injections of LHRHa on bullseye puffer fish (*Sphoeroides annulatus*) spawning. *Aquaculture*, 218(1-4): 625-635.
19. Ferraz, M. E., Cerqueira, R.V., Álvarez-Lajonchère, L., Candido, S. (2002). Inducao da desova do robalo peva, *Centropomus parallelus*, a través de injecao e implante de LHRHa. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28(2): 125-133.
20. Fitzpatrick, M. S., Redding, M. J. Ratti, F. D., Schreck, C. B. (1987). Plasma testosterone concentration predicts the ovulatory response of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* to Gonadotrophin-releasing hormone analog. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44(7): 1351-1357.
21. Godinho, H. M., Da Silva-Serralheiro, P. C., De Medeiros-Ferraz, E., Marcondes-Pimentel, C. M., Da Rocha-Oliveira, I., De Paiva, P. (2000). Reprodução induzida em robalo *Centropomus parallelus* Poey, 1860. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 37(1): 37-42.
22. Hernández-Vidal, U. (2002). *Identificación del sexo y evaluación de la inducción hormonal en el pejelagarto (Atractosteus tropicus)*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

23. Huat, K. (1980). Stimulation of ovarian maturation in fish by sustained hormone preparations. *Aquaculture*, 20(3): 275-280.
24. Lee, C. S., Tamaru, C. S, Banno, J. E., Kelley, C. D. (1986). Influence of chronic administration of LHRH-Analogue and/or 17 α -Methyltestosterone on maturation in milkfish, *Chanos chanos*. *Aquaculture*, 59(2): 147-159.
25. Mylonas, C. C., Zohar, Y., Richardson, B. M., Minkinen, S. P. (1995). Induced spawning of wild American shad *Alosa sapidissima* using sustained administration of gonadotropin-releasing hormone analog (GnRHa). *Journal of the World Aquaculture Society*, 26(3): 241-251.
26. Mylonas, C. C., Zohar, Y. (2000). Use of GnRHa-delivery systems for the control of reproduction in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10: 463-491.
27. Mylonas, C. C., Fostier, A., Zanuy, S. (2010). Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 165(3): 516-534.
28. Pankhurst, N. W. (2016). Reproduction and development. In: *Fish physiology* (Vol. 35, pp. 295-331). Academic Press.
29. Peters, K. M., Mathenson, R. E. Jr., Taylor, R. G. (1998). Reproduction and early life history of common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch), in Florida. *Bulletin of Marine Science*, 62(2): 509-529.
30. Prat, F., Zanuy, S., Carrillo, M. (2001). Effect of gonadotropin-releasing hormone analogue (GnRHa) and pimozide on plasma levels of sex steroids and ovarian development in sea bass *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture*, 198(3-4): 325-338.
31. Reis, M. D., Cerqueira, R. V. (2003). Indução de desova do robalo-peva *Centropomus parallelus* Poey 1860, com diferentes doses de LHRHa. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 25(1): 53-59.
32. Rojas, C. P., Mendoza, A. R. (2000). El Cultivo de Especies Nativas en México. In: *Estado de Salud en la Acuicultura*. Instituto Nacional de la Pesca (Ed.), pp. 1-42. SEMARNAP, México.
33. Schank, J. C., Koehnle, T. J. (2009). Pseudoreplication is a pseudoproblem. *Journal of Comparative Psychology*, 123(4): 421.
34. Sipos, M. J., Lipscomb, T. N., Wood, A. L., Ramee, S. W., Watson, C. A., DiMaggio, M. A. (2019). Evaluation of cGnRH IIa for induction spawning of two ornamental *Synodontis* species. *Aquaculture*, 511: 734226.
35. Sullivan, C. V., Hiramatsu, N., Kennedy, A. M., Clark, R. W., Weber, G. M., Matsubara, T., Hara, A. (2003). Induced maturation and spawning: opportunities and applications for research on oogenesis. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28(1-4): 481-486.
36. Zohar, Y., Mylonas, C. C. (2001). Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*, 197: 99-136.
37. Zohar, Y., Harel, M., Hassin, S., Tandler, A. (1995). Gilthead sea bream (*Sparus aurata*), In: Bromage, N. R. and Roberts, R. J. (Eds.), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Blackwell Science, Oxford, 94-117.
38. Zohar, Y. (1989). Fish Reproduction: Its physiology and artificial manipulation In: Shilo, Moshe y Sarig Shmuel. *Fish culture in warm water systems: Problems and trends*. CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida, pp. 259.