

Inducción al desove en la tenguayaca (*Petenia splendida* Günther, 1862) Induction to spawning in the bay snook (*Petenia splendida* Günther, 1862)

José Manuel Ramírez-Ochoa¹ , Gloria Gertrudys Asencio-Alcudia² , Carlos Alfonso Álvarez-González² , Víctor Meza-Villalvazo³ , Rafael Martínez-García² , Juan Pablo Alcántar-Vázquez¹ 

¹Laboratorio de Acuicultura, Ciencias Agropecuarias, Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, 68400. Loma Bonita, Oaxaca, México.

²Laboratorio de Fisiología en Recursos Acuáticos – División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 86150. Villahermosa, Tabasco, México.

³Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan, Campus Tuxtepec, Circuito Central 200, Col. Parque Industrial, 68301. Tuxtepec, Oaxaca, México.

⁴Doctorado en Ciencias en Acuicultura. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Boca del Río. Carretera Veracruz-Córdoba Km.12, 94290. Boca del Río, Veracruz, México.

Correspondencia: Juan Pablo Alcántar-Vázquez **E-mail:** jupasoul@hotmail.com

Artículo original | Original article

Palabras clave

Gonadotropina
tenguayaca
desove
especie nativa
supervivencia

RESUMEN | En los últimos años, el cultivo de la tenguayaca (*Petenia splendida*) ha comenzado a tomar importancia en la región sur de México, siendo objeto de estudio en instituciones de investigación donde se han abordado aspectos de su biología, cultivo y nutrición. Sin embargo, la información relacionada al manejo y reproducción de este pez es aún escasa, lo cual limita su producción, a pesar de contar con características adecuadas para su cultivo y una alta demanda. Para contrarrestar esto, es necesario realizar estudios relacionados con el control de su reproducción. En este sentido, uno de los métodos más eficientes para alcanzar el control reproductivo es la inducción al desove mediante hormonas exógenas, con el fin de obtener larvas a lo largo del año, independientemente de la temporada reproductiva de la especie. En el presente estudio, se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de gonadotropina coriónica en el número de desoves obtenidos (NDE, eficiencia EF%), número total de embriones contabilizados (NTE), supervivencia embrionaria a la eclosión (%SE) y número total de larvas obtenidas (NTL). Se aplicó gonadotropina mediante una inyección en la base de la aleta pectoral en concentraciones que fueron desde las 250 hasta las 1500 UI kg⁻¹. En total, se realizaron tres experimentos, reduciendo el número de concentraciones y el intervalo entre ellas al avanzar cada experimento. Se realizó un análisis de chi-cuadrado a los datos obtenidos. No se observaron diferencias significativas entre el NDE, sin embargo, la concentración de 350 UI kg⁻¹ presentó una EF% del 75% para inducir el desove. El NTE mostró un valor significativamente ($P < 0,05$) más alto en la concentración de 350 UI kg⁻¹, con una %SE del 90%, valor óptimo desde el punto de vista acuícola que hace posible el cultivo de la tenguayaca a mediano plazo.

Keywords

Gonadotropin
bay snook
spawning
native species
survival

ABSTRACT | In recent years, the culture of the bay snook (*Petenia splendida*) has begun to take on importance in the southern region of Mexico, and is now the subject of studies at research institutions where aspects of its biology, cultivation and nutrition have been addressed. However, the information related to the management and reproduction of this fish is still scarce, which limits its production, despite having suitable characteristics for its cultivation and a high demand. To counteract this, studies related to the control of its reproduction are necessary. In this sense, one of the most efficient methods to achieve reproductive control is the spawning induction by exogenous hormones, to obtain larvae throughout the year, regardless of the breeding season of the species. In the present study, the effect of different concentrations of chorionic gonadotropin were evaluated on spawning number (NDE, efficiency EF%) total number of counted embryos (NTE), embryo survival at hatching (%SE) and total number of larvae obtained (NTL). Gonadotropin was injected into the base of the pectoral fin at concentrations ranging from 250 to 1500 IU kg⁻¹. In total, three experiments were conducted, reducing the number of concentrations and the interval between them as each experiment progressed. The data obtained were subjected to a chi-square analysis. No significant differences were observed among the NDE, however, the concentration of 350 IU kg⁻¹ presented an EF% of 75% to induce spawning. The NTE showed a significantly higher value ($P < 0.05$) in the concentration of 350 IU kg⁻¹, with a %SE of 90%, an optimal value from the aquaculture point of view that makes the bay snook culture possible in the medium term.

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de pescado para el consumo humano es la principal vertiente dentro de la actividad acuícola. La producción de peces dulceacuícolas se lleva a cabo en los 32 estados de la república. Sin embargo, esta producción se ha inclinado principalmente a especies exóticas (como la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*) desplazando a especies nativas (como la tenguayaca *Petenia splendida* – Cichlidae, el pejelagarto *Atractosteus tropicus* – Lepisosteidae, y la mojarra castarrica, *Cichlasoma urophthalmus* – Cichlidae), acto que puede a largo plazo, poner en riesgo el equilibrio ecológico de la región (Mendoza *et al.* 1993, Rojas y Mendoza 2000, PNUD México 2017, Vázquez-Vera y Chávez-Carreño 2022).

Para contrarrestar lo anterior, en los últimos años varios grupos de investigación han iniciado el estudio de varios aspectos del cultivo de especies de peces nativas dulceacuícolas (Álvarez-González *et al.* 2013, Sánchez-Cruz *et al.* 2024). Además de que estas especies presentan una amplia aceptación en el mercado regional, con precios superiores al valor actual de especies como la tilapia del Nilo. En el aspecto de investigación científica y tecnológica, se han estudiado por diversas razones, como su elevada capacidad reproductiva, la alta tolerancia ante cambios ambientales, sus tasas elevadas de crecimiento e incluso una alta proporción de carne para consumo (Martínez-Palacios y Ross, 1994; Jiménez-Martínez *et al.* 2009, Sánchez-Cruz *et al.* 2024).

En la región sureste del país, la tenguayaca (*P. splendida*) es un pez nativo muy apreciado por su sabor, con mucha carne y pocas espinas, por lo cual ha sido señalado como un recurso natural de gran potencial para la acuicultura. Además, está adaptada al trópico y habita aguas someras como lagunas, cenotes y canales superficiales (Reséndez-Medina y Salvadores 1983, Juárez-Eusebio 2005). Sin embargo, en los últimos años sus poblaciones naturales han disminuido debido a la sobrepesca resultante del incremento en su consumo y la presencia de especies introducidas como la tilapia del Nilo. Con el objetivo de contrarrestar lo anterior, varios aspectos de su cultivo han sido estudiados desde hace varios años por diferentes grupos de investigación (Álvarez-González *et al.* 2008, Jiménez-Martínez *et al.* 2009, Vidal-López *et al.* 2009, Uscanga-Martínez *et al.* 2012, Rodríguez-Estrada *et al.* 2020). Sin embargo, a pesar de que la metodología para obtener desoves naturales existe (Álvarez-González *et al.* 2013), una de las principales limitantes para su mejoramiento genético a mediano plazo, es la falta de protocolos para la obtención de desoves inducidos mediante hormonas exógenas que permitan alcanzar un control reproductivo total.

La capacidad de manipular el ciclo reproductivo en los peces es considerada la base para poder desarrollar cualquier sistema acuícola exitosamente. Gracias a esto, es posible obtener una producción continua de crías que permitan iniciar el cultivo y de esta manera, lograr una producción a lo largo del año incluso fuera de las épocas naturales de reproducción. Además, se puede contribuir con la repoblación ecológica y en la realización de pruebas experimentales en laboratorios de investigación (Nagahama 1994, Zohar y Mylonas 2001, Asturiano *et al.* 2005).

En este sentido, uno de los métodos más efectivos para lograr dicho control en los peces es a través de la aplicación de hormonas exógenas que aceleren la producción de óvulos y espermatozoides, resultando en un mayor número de desoves (Nagahama 1994, Zohar y Mylonas 2001, Asturiano *et al.* 2005, Bosak-Kahkesh *et al.* 2010, Alcántar-Vázquez *et al.* 2016). Esta técnica ha resultado eficiente en especies marinas y dulceacuícolas de importancia comercial, tales como la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y la carpa común (*Cyprinus carpio*) (Arabaci *et al.* 2001, El-Gamal y El-Greisy 2005, Farag *et al.* 2017, Piamsomboon *et al.* 2019).

En muchas especies de peces nativos, incluyendo *P. splendida*, se desconoce el modo en que los reproductores responderán al influjo de hormonas suministradas de manera controlada pues no existen estudios relacionados con el control de su reproducción. Lo anterior ilustra la necesidad de realizar investigación y experimentación relacionada al uso de hormonas exógenas en reproductores de *P. splendida*, para lograr un control reproductivo más eficiente a través del desarrollo de un protocolo de inducción hormonal. Debido a lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de una hormona exógena comercial (gonadotropina coriónica) en el número de desoves y la supervivencia embrionaria a la eclosión en reproductores de *P. splendida* mantenidos en cautiverio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reproductores

Para realizar el experimento se capturaron machos (6 peces, 62-81 g) y hembras (8 peces, 56-74 g) del medio silvestre, los cuales fueron sometidos a un periodo de cuarentena y aclimatación en el Laboratorio Acuicola (en 14 acuarios de 85 L) antes de ser transferidos y mantenidos durante 18 meses en una laguna artificial (30 m de diámetro) perteneciente a la Universidad del Papaloapan. A partir de este lote de reproductores, se recolectaron aproximadamente 300 juveniles (3-4 meses de edad, 4-6 g de peso húmedo) los cuales se transfirieron a tanques de geomembrana de 3 m de diámetro con agua verde (con microalgas). Se mantuvieron en crecimiento durante un año, tiempo durante el cual se logró aclimatarlos al consumo de alimento inerte (pellets para tilapia del Nilo, 25% proteína, 3.5 mm). Se alimentaron dos veces al día (10:00 am y 4:00 pm) a saciedad aparente.

La selección de las hembras (32) y machos (24) se realizó con base en el peso húmedo y longitud total, siendo los de mayor tamaño los seleccionados para el experimento (hembras, peso: 80-135 g y longitud total: 16,5-20,5 cm y machos, peso: 95-145 g, longitud total: 16,0-21,5 cm). Las hembras y machos seleccionados se sembraron en tanques de 800 L conectados a un sistema cerrado con una bomba de 1 hp. Los reproductores se aclimataron por 28 días antes de iniciar con el experimento. Se registró la temperatura del agua dentro del sistema cada día con un termómetro de grado estándar (*Taylor Precision Products*) con una precisión de $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$.

Diseño experimental

Una vez pasado el periodo de aclimatación, se inició el estudio, el cual consistió en tres experimentos. La hormona empleada para inducir el desove fue gonadotropina coriónica (GONAFORTE®, Gonadotropina 2500 Unidades frasco de 10 mL en solución inyectable). Se utilizó una proporción de 2:1 (machos: hembras) recomendada por Álvarez-González *et al.* (2013) para desoves naturales de tenguayaca. Tomando en cuenta lo anterior, en cada tanque (800 L) se sembraron cuatro hembras y dos machos. Adicionalmente, se colocaron cuatro refugios por tanque (uno por hembra), los cuales consistieron en tubos de PVC de cuatro pulgadas con una longitud de 30 cm.

Experimento 1

En el primer experimento se evaluaron las siguientes concentraciones: 250, 500, 750, 1000 y 1500 UI kg⁻¹, además de un tratamiento control con solución salina (Tabla 1). Antes de realizar la inyección, los reproductores se colocaron en recipientes de plástico con 10 L de agua, aireación constante y 2 mL de anestésico (aceite de clavo) para facilitar su manipulación. Una vez anestesiados, se pesaron utilizando una balanza digital (Oahus, 2000 \pm 0,01 g) para así determinar la dosis correspondiente para cada organismo. La inyección se aplicó intramuscularmente, en la base de la aleta pectoral utilizando una jeringa BD Ultra-fine con aguja montada de 30 G x 13 mm. El grupo control fue inyectado con solución salina con el fin de simular el manejo al cual fueron sometidos los tratamientos inyectados con diferentes concentraciones de gonadotropina coriónica.

Tabla 1. Concentraciones de hormona gonadotropina evaluadas en reproductores de tenguayaca (*Petenia splendida*) en el experimento 1.

Table 1. Gonadotropin hormone concentrations evaluated in broodstock of bay snook (*Petenia splendida*) in experiment 1.

| EXP | T°C | Gonadotropina (UI kg ⁻¹) | | | | | CTL |
|-----|------------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 28 \pm 1 | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1500 | Ss |

EXP = experimento. T°C = temperatura del agua en grados centígrados. UI kg⁻¹ = Unidades internacionales de gonadotropina por kilogramo de peso del pez. CTL = control. Ss: Solución salina.

EXP = experiment. T°C = water temperature in degrees Celsius. UI kg⁻¹ = International units of gonadotropin per kilogram of fish weight. CTL = control. Ss: Saline solution.

Los tanques con los reproductores fueron revisados por desoves cada 8 h. Los desoves (huevos) obtenidos fueron recolectados utilizando una red de mano, trasladados al Laboratorio de Acuicultura en un recipiente de 1 L, contabilizados e incubados en acuarios de 85 L con flujo de agua (27°C) y aireación continuos, monitoreando la supervivencia embrionaria hasta la eclosión. Transcurridas 144 h después de la aplicación de la hormona, se separaron nuevamente machos de hembras y se dejaron descansar durante 30 días, continuando con la alimentación dos veces al día de acuerdo con lo descrito previamente.

Experimentos 2 y 3

Una vez concluido el periodo de descanso, se realizaron los experimentos dos y tres. Para estos experimentos se repitió el procedimiento descrito anteriormente; sin embargo, solo se eligieron tres concentraciones, tomando en consideración los resultados obtenidos en el experimento uno, es decir a partir de la concentración que presentó los mejores resultados se redujo el intervalo de concentración de la hormona entre un tratamiento y otro (Tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones de hormona gonadotropina evaluadas en reproductores de tenguayaca (*Petenia splendida*) en los experimentos 2 y 3.

Table 2. Gonadotropin hormone concentrations evaluated in broodstock of bay snook (*Petenia splendida*) in experiments 2 and 3.

| EXP | T°C | Gonadotropina (UI kg ⁻¹) | | | CTL |
|-----|--------|--------------------------------------|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 2 | 27 ± 1 | 150 | 250 | 350 | Ss |
| 3 | 21 ± 1 | 330 | 350 | 370 | Ss |

EXP = experimento. T°C = temperatura del agua en grados centígrados. UI kg⁻¹ = Unidades internacionales de gonadotropina por kilogramo de peso del pez. CTL = control. Ss: Solución salina.

EXP = experiment. T°C = water temperature in degrees Celsius. UI kg⁻¹ = International units of gonadotropin per kilogram of fish weight, CTL = control. Ss: Saline solution.

Análisis estadísticos

Se utilizó una prueba de chi-cuadrado para comparar el número de desoves y el número total de embriones contabilizados entre tratamientos. El nivel de significancia establecido para los análisis fue $P < 0.05$.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos para el experimento 1 se encuentran contenidos en la Tabla 3. No se registraron diferencias significativas en el número de desoves obtenidos entre concentraciones. Los desoves se presentaron 48 a 72 h después de la inyección de gonadotropina. Se obtuvieron desoves en las concentraciones de 250, 500, 750 y 1000 UI kg⁻¹. La mayor cantidad de desoves (2) se obtuvo en las concentraciones de 250 y 1000 UI kg⁻¹. Tomando en cuenta que se colocaron cuatro hembras en cada concentración, se obtuvo un 50% de efectividad por parte de la hormona aplicada en ambas concentraciones, mientras que con las concentraciones de 500 y 750 UI kg⁻¹ se obtuvo solamente un desove por tratamiento (25% de efectividad).

En lo que respecta al número total de embriones contabilizados, se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) con la concentración de 1000 UI kg⁻¹ mostrando el valor más elevado en comparación con el resto de las concentraciones empleadas y el grupo control. Sin embargo, la supervivencia embrionaria a la eclosión en esta concentración fue del 0%. La concentración de 750 UI kg⁻¹ registró una supervivencia embrionaria a la eclosión del 85%, mientras que el valor más alto (88%) se observó en la concentración de 250 UI kg⁻¹. El desove obtenido en la concentración de 500 UI kg⁻¹ no pudo ser contabilizado, desapareció probablemente ingerido por alguno de los reproductores una hora después de ser observado (Tabla 3).

Tabla 3. Número de desoves (NDE), eficiencia de la concentración (EF%), número total de embriones contabilizados (NTE), supervivencia embrionaria a la eclosión (%SE) y número total de larvas (NTL) obtenidas en el experimento 1 llevado a cabo con la tenguayaca (*Petenia splendida*) en diferentes concentraciones de gonadotropina coriónica.

Table 3. Spawning number (NDE), concentration efficiency (EF%), total number of counted embryos (NTE), embryo survival at hatching (%SE) and total number of larvae (NTL) obtained in experiment 1 carried out on the bay snook (*Petenia splendida*) under different concentrations of chorionic gonadotropin.

| | Gonadotropina (UI kg ⁻¹) | | | | | Ss |
|-----|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|
| | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1500 | |
| NDE | 2:4 | 1:4 | 1:4 | 2:4 | 0:4 | 0:4 |
| EF% | 50 | 25 | 25 | 50 | 0 | 0 |
| NTE | 1407 ^b | 0* ^d | 1112 ^c | 1659 ^a | 0 ^e | 0 ^e |
| %SE | 88 | 0 | 85 | 0 | 0 | 0 |
| NTL | 1238 | 0 | 945 | 0 | 0 | 0 |

*Desove no contabilizado. UI kg⁻¹ = Unidades internacionales de gonadotropina por kilogramo de peso del pez, Ss: Solución salina. Superíndices con diferente letra indican diferencias significativas (P < 0,05).

*Unaccounted spawning. UI kg⁻¹ = International units of gonadotropin per kilogram of fish weight, Ss: Saline solution. Superscripts with different letters indicate significant differences (P < 0.05).

En el experimento 2, al ajustarse las concentraciones, se obtuvo un incremento en el número de desoves obtenidos (Tabla 4). Sin embargo, al igual que en el primer experimento, no se observaron diferencias significativas entre concentraciones. La dosis de 350 UI kg⁻¹ registró tres desoves, lo cual significa un 75% de eficiencia por parte de la gonadotropina. Las concentraciones de 250 y 150 registraron solo un desove, con una eficiencia de tan solo 25%.

En relación al número total de embriones contabilizados, se observaron diferencias significativas (P < 0,05) con el valor más alto en la concentración de 350 UI kg⁻¹, seguido de la concentración de 250 UI kg⁻¹ (Tabla 4). La tasa de supervivencia embrionaria a la eclosión alcanzó un 90% en la concentración de 350 UI kg⁻¹, mientras que las concentraciones de 150 y 250 UI kg⁻¹ registraron una tasa de supervivencia embrionaria a la eclosión de 50 y 75%, respectivamente.

Tabla 4. Número de desoves (NDE), eficiencia de la concentración (EF%), número total de embriones contabilizados (NTE), supervivencia embrionaria a la eclosión (%SE) y número total de larvas (NTL) obtenidas en el experimento 2 llevado a cabo con la tenguayaca (*Petenia splendida*) en diferentes concentraciones de gonadotropina coriónica.

Table 4. Spawning number (NDE), concentration efficiency (EF%), survival at hatching (%SE) and number of counted embryos (NTE) obtained in experiment 2 carried out on the bay snook (*Petenia splendida*) under different concentrations of chorionic gonadotropin.

| | Gonadotropina (UI kg ⁻¹) | | | Ss |
|-----|--------------------------------------|------------------|-------------------|----------------|
| | 150 | 250 | 350 | |
| NDE | 1:4 | 1:4 | 3:4 | 0:4 |
| EF% | 25 | 25 | 75 | 0 |
| NTE | 760 ^c | 820 ^b | 2140 ^a | 0 ^d |
| %SE | 50 | 75 | 90 | 0 |
| NTL | 380 | 615 | 1926 | 0 |

UI kg⁻¹ = Unidades internacionales de gonadotropina por kilogramo de peso del pez, Ss: Solución salina. Superíndices con diferente letra indican diferencias significativas (P < 0,05).

UI kg⁻¹ = International units of gonadotropin per kilogram of fish weight, Ss: Saline solution. Superscripts with different letters indicate significant differences (P < 0.05).

Para el experimento 3 se ajustaron las concentraciones de gonadotropina con base a la concentración de 350 UI kg⁻¹. Aunque el intervalo de las concentraciones disminuyó (330, 350 y 370 UI kg⁻¹) y en teoría se trabajó con tres dosis óptimas de gonadotropina para maximizar el número de desoves y la supervivencia embrionaria a la eclosión, no se logró obtener desoves en ninguna de las concentraciones evaluadas 96 h después de la inyección.

Es importante mencionar que en ninguno de los experimentos realizados el tratamiento control presentó algún desove.

DISCUSIÓN

La gonadotropina coriónica ha sido utilizada desde hace décadas para inducir el desove en una gran variedad de especies de peces (Grizzle *et al.* 1995, Gracia *et al.* 2004, Sahoo *et al.* 2007, Boza-Abarca *et al.* 2011, Zidan *et al.* 2020). Entre sus ventajas se encuentran que tiene una alta disponibilidad comercial, es relativamente económica y está calibrada de acuerdo con estándares internacionales, lo cual permite que los resultados obtenidos puedan ser comparados y extrapolados. Además, presenta una larga vida media en el plasma sanguíneo, lo cual permite que sea administrada con éxito en una dosis única de 100 a 4000 UI kg⁻¹ (Cruz-Casallas *et al.* 2006).

En el presente trabajo, los resultados obtenidos apoyan la idea de que es posible obtener desoves manuales de *P. splendida* con elevados porcentajes de supervivencia a la eclosión, utilizando concentraciones bajas de gonadotropina aplicadas en una sola dosis. En este sentido, Morehead *et al.* (1998) y Alcántar-Vázquez *et al.* (2016) reportan que en algunas especies son más eficientes concentraciones bajas para inducir la ovulación y el desove. Un suministro elevado de hormonas exógenas en el torrente sanguíneo de los organismos puede generar daños a nivel gonadal y una disminución en el número de huevos obtenidos por desove. Lo anterior se observó en el presente trabajo, ya que una concentración baja de gonadotropina (350 UI Kg⁻¹) presentó una mejor eficiencia (número de desoves) y una supervivencia embrionaria a la eclosión más alta, así como un incremento significativo del número total de embriones contabilizados. Por el contrario, concentraciones altas como en el caso de la concentración de 1000 UI kg⁻¹, registraron una eficiencia del 50%, pero la supervivencia embrionaria a la eclosión de los dos desoves obtenidos fue 0%, mientras que en la concentración de 1500 UI kg⁻¹ no se presentó desove alguno. Resultados similares son reportados por Grizzle *et al.* (1995) en la lobina rayada atlántica *Morone saxatilis* y la lobina blanca *M. chrysops*, donde una sola inyección de HCG a concentraciones de 320 a 375 UI kg⁻¹ resultaron en una eficiencia (desoves por hembras inyectadas) del 75 al 94%.

En algunas especies ha sido reportado que la gonadotropina tiene una baja biopotencia, lo cual hace necesario concentraciones elevadas o múltiples inyecciones, como en el caso de la cabrilla sardinera *Micropogonias undulatus* (Gracia *et al.* 2004), el pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Mejía-Narváez *et al.* 2009, Boza-Abarca *et al.* 2011), el bagre asiático *Squalius cephalus* (Sahoo *et al.* 2007) y el bagre africano *Clarias gariepinus* (Zidan *et al.* 2020), donde las concentraciones más exitosas estuvieron por encima de 1000 UI Kg⁻¹ y hasta las 6000 UI Kg⁻¹.

Los cíclidos, como la tilapia del Nilo y en este caso, la tenguayaca, son raros entre los peces debido a lo largo de su cuidado parental (Wisenden 1995). El nido formado por el macho alberga los huevos fertilizados por la hembra y es protegido ferozmente por ambos padres, los cuales actúan como guardianes del desove. Este comportamiento fue observado en el presente experimento, activado por la inyección de gonadotropina. Sin embargo, aunque se empleó como base el manual de cultivo de la tenguayaca de Álvarez-González *et al.* (2013) para el tipo de tanque, la proporción de sexos, así como la presencia de refugios (para reducir la agresión y estimular el desove), fue posible observar agresión entre machos y contra las hembras. Al retirar el desove para contabilizarlo y evaluar la supervivencia embrionaria a la eclosión, fue posible observar en varias instancias agresión del macho hacia la hembra. De igual forma, al tener más de un desove por tanque fue posible observar un incremento en la agresión (comportamiento territorial). Como resultado de lo anterior, a lo largo de los experimentos realizados se presentaron organismos muertos por manejo o agresión, así como machos y hembras con signos físicos de agresión.

Un ejemplo de lo anterior es el desove obtenido (que no pudo ser recolectado ni contabilizado) en la concentración de 500 UI kg⁻¹ del primer experimento (ver Tabla 1), pues al momento de ser observado en el tanque, se procedió a preparar los materiales para su recolección, no obstante, en ese intervalo de tiempo (menos de una hora), el desove fue,

probablemente devorado por uno de los padres, seguido de la muerte de la hembra, resultado de la agresión física del macho. La muerte de esta hembra es el resultado de la agresión característica durante el cortejo, desove y cuidado parental reportada para varias especies de cíclidos (Oliveira y Canario 2000).

La única diferencia entre el presente trabajo y lo recomendado por Álvarez-González *et al.* (2013) para la reproducción de la tenguayaca, fue que los refugios usados en la presente investigación eran tubos de PVC de cuatro pulgadas en lugar de láminas de acrílico. Este tipo de refugios funcionó muy bien para la tenguayaca, pues el 100% de los desoves se recolectó entre la pared y el tubo de PVC. Este mismo tipo de refugios han sido usados con éxito para obtener desoves naturales de la mojarra negra (*Vieja fenestrata*), otro cíclido nativo de la región sur de México.

La falta de desoves en el tercer experimento probablemente fue causada por el descenso de la temperatura observado al inicio del experimento. Los tanques utilizados en el presente experimento se encontraban en un sistema exterior, que, aunque techado, fueron afectados por las variaciones de temperatura ambientales. La temperatura en los primeros dos experimentos se desarrolló entre 27 y 28°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), mientras que para el último experimento descendió a $21 \pm 1^\circ\text{C}$. Para la tenguayaca, siendo una especie adaptada a un intervalo de temperatura que va de los 26 a los 34°C (Álvarez-González *et al.* 2013, Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable 2018), dicho descenso posiblemente provocó una inhibición del proceso reproductivo y de la conducta asociada, aun con el estímulo producido por la inyección de gonadotropina. En este sentido, se ha reportado que temperaturas cercanas a los 20°C inhiben la reproducción, interrumpiendo la obtención de desoves naturales (Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable 2018).

P. splendida es una especie señalada por su baja tolerancia al manejo, por lo cual la muerte de uno o dos individuos en cada experimento, y durante ensayos previos, no resultó extraña; sin embargo, la combinación del manejo y el descenso de la temperatura observado, resultó en la mortalidad de un porcentaje significativo, principalmente de machos, lo que imposibilitó continuar con el experimento, aunado a la entrada de frentes fríos de manera continua, que no permitieron un correcto periodo de descanso entre experimentos (30 días), así como el desarrollo normal de la maduración gonadal una vez inyectada la hormona a los reproductores (72 a 96 h).

Aunque no se pudo continuar debido a los factores mencionados, nuestro experimento fue exitoso en reducir el intervalo de concentración adecuado para inducir de manera óptima el desove en la tenguayaca, obteniendo hasta un 75% de eficiencia suministrando 350 UI de gonadotropina coriónica por cada kilogramo de peso. Con base en nuestro experimento, se puede concluir que concentraciones por debajo de las 300 y por arriba de las 500 UI kg⁻¹ disminuyen la cantidad de desoves obtenidos, así como la supervivencia embrionaria a la eclosión.

Debido a que no se observaron desoves en ninguno de los grupos control (inyectados con solución salina), se concluye que la hormona gonadotropina es eficiente para inducir el desove en la tenguayaca, pues de manera natural es una especie que no desova fácilmente bajo condiciones de cautiverio.

CONCLUSIONES

La aplicación de concentraciones bajas de gonadotropina en una sola aplicación permitió inducir al desove en *P. splendida* con una supervivencia embrionaria a la eclosión óptima desde el punto de vista acuícola. Lo anterior hace factible la aplicación de técnicas encaminadas al mejoramiento genético de la especie, haciendo su cultivo comercial más viable en el mediano plazo. Sin embargo, es necesario trabajar en condiciones más controladas, especialmente de temperatura, así como implementar el uso de dietas diseñadas para reproductores de esta especie, con la finalidad de optimizar la calidad de las crías obtenidas.

Los resultados obtenidos coadyuvan en incrementar la potencialidad de la tenguayaca como una especie que pueda contribuir al desarrollo acuícola de la región. De esta manera, nuestro trabajo se puede tomar como base para futuros proyectos que aborden la inducción al desove en especies nativas, ajustando aún más las concentraciones implementadas, así como el uso de otras hormonas exógenas que permitan obtener mejores resultados.

Declaración de conflicto de intereses de los autores

Los autores declaran no tener conflictos de intereses relacionado al presente trabajo.

Declaración de buenas prácticas en el uso de seres vivos

Los autores declaran haber seguido todas las pautas internacionales, nacionales o institucionales aplicables para el cuidado y uso de animales en la realización del presente trabajo, siguiendo los protocolos establecidos por las autoridades de la Universidad del Papaloapan.

Declaración de contribución de autoría (CrediT)

José Manuel Ramírez-Ochoa: diseño del experimento, metodología, análisis de datos, escritura de primera versión del artículo, edición de la versión final del artículo. *Gloria Gertrudys Asencio-Alcudia*: metodología, análisis de datos, escritura de primera versión del artículo. *Carlos Alfonso Álvarez-González*: diseño del experimento, Análisis de datos, edición de la versión final del artículo. *Víctor Meza-Villalvazo*: metodología, escritura de primera versión del artículo. *Rafael Martínez-García*: escritura de primera versión del artículo, edición de la versión final del artículo. *Juan Pablo Alcántar-Vázquez*: obtención de financiamiento, diseño del experimento, metodología, análisis de datos, escritura de primera versión del artículo, edición de la versión final del artículo.

Agradecimientos

Los autores agradecen el trabajo del equipo técnico del Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Papaloapan.

REFERENCIAS

- Alcántar-Vázquez, J.P., Pliego-Cortés, H.S., Dumas S., Peña-Martínez, R., Rosales-Velázquez, M., Pintos-Terán, P. (2016). Effects of a luteinizing hormone-releasing hormone analogue (LHRHa) on the reproductive performance of spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae). *Latin American Journal of Aquatic Research* 44(3): 487-496. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue3-fulltext-7>
- Álvarez-González, C.A., Ramírez-Martínez, C., Martínez-García, R., Jesús-Ramírez F., Márquez-Couturier, G.F. (2013). Cultivo de mojarra nativas: Tenguayaca (*Petenia splendida*) y castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*). UANL-UJAT-Fomix CONACYT- Gobierno del Estado de Tabasco. México.
- Arabaci, M., Çagiran, H., Sari, M. (2001). Induction of spawning in common carp (*Cyprinus carpio*) using LHRHa ([D-Ser (tBu)₆, Pro⁹-NET]-LHRH) combined with haloperidol: effects of different treatment time and determination of latency period dependence on temperature. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1:1-5. <https://www.trjfas.org/abstract.php?id=142>
- Asturiano, J.F., Pérez, L., Garzón, D.L., Peñaranda, S.D., Marco-Jiménez, F., Martínez-Llorens, S., Tomás, A., Jover, M. (2005). Effect of different methods for the induction of spermiation on semen quality in European eel. *Aquaculture Research* 36:1480-1487. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01366.x>
- Boza-Abarca, J., Valverde-Chavarría, S., Calvo-Vargas, E., Ramírez-Alvarado, M., Rodríguez-Gómez, E. (2011). Hormone-induced spawning of wild and captive-grown spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* using carp pituitary suspension and human chorionic gonadotropin. *Ciencias Marinas* 37(2):125-139. <https://doi.org/10.7773/cm.v37i2.1802>
- Bosak-Kahkesh, F., Yoonesszadeh-Feshalami, M., Amiri, F., Nickpey, M. (2010). Effect of ovaprim, ovatide, HCG, LHRH-A2, LHRHA2+CPE and carp pituitary in benni (*Barbus sharpeyi*) artificial breeding. *Global Veterinaria* 4:209-214.

- Cruz-Casallas, P.E., Velasco-Santamaría, Y.M., Medina-Robles, M. (2006). Manejo hormonal de la función reproductiva de peces tropicales bajo condiciones de cautiverio. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuicola* 2(2):1-9.
- El-Gamal, A.E., El-Greisy, Z. (2005). Effect of photoperiod, temperature and HCG on ovarian recrudescence and ability of spawning in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei, Cichlidae). *Egyptian Journal of Aquatic Research* 31(2):419-431.
- Farag, M.E., Zeinhom, M.M., Ibrahim, I.H. (2017). Stimulation spawning of common carp, grass carp and silver carp by carp pituitary extract, human chorionic gonadotrophin, receptal and ovaprim hormones for commercial purposes. 1st International Conference (Central Laboratory for Aquaculture Research in Cooperation with World Fish), Cairo, Egypt. 2-346.
- Gracia, L.V., Rodríguez, R.J., Pérez, R.J.M. (2004). Inducción del desove con HCG y desarrollo embrionario y de larvas de la cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877). *Ciencias Marinas* 30(2): 279-284. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v30i2.246>
- Grizzle, J.M., Dehai, X., Rogers, Wilmer, A. (1995). Efficacy of Human Chorionic Gonadotropin for Spawning Striped Bass and White Bass. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fish and Wildl. Agencies* 49:88-96.
- Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable. (2018). Acuicultura. Tenguayaca. Especies con potencial acuícola. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-tenguayaca>
- Jiménez-Martínez, L.D., Álvarez-González, C.A., Contreras-Sánchez, W.M., Márquez-Couturier, G., Arias-Rodríguez, L., Almeida-Madrigal, J.A. (2009). Evaluation of larval growth and survival in Mexican mojarra, *Cichlasoma urophthalmus*, and Bay Snook, *Petenia splendida*, under different initial stocking densities. *Journal of the World Aquaculture Society* 40(6):753-761. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00295.x>
- Juárez-Eusebio, A. (2005). La acuicultura rústica. Estrategias para el Manejo Costero Integral: el Enfoque Municipal. Instituto de Ecología AC, Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, Xalapa-Veracruz, 989-1016.
- Martínez-Palacios, C.A., Ross, L.G. (1994). Biología y cultivo de la mojarra latinoamericana *Cichlasoma urophthalmus*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Mejía-Narváez, L.M., Rodríguez-Araujo, C.L., López-Macías, J.N. (2009). Evaluación de la Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) a diferentes dosis, en la reproducción inducida de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*, Stendaichner 1869) en condiciones de cautiverio. *Revista Veterinaria y Zootecnia* 3(2):28-40. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/5634>
- Mendoza, E.A., Páramo, S.D., Contreras, M.W., Márquez, C.G. (1993). Alternativas para el desarrollo piscícola para el manejo complementario de áreas inundadas de Tabasco, México. 263-279. En: Tabasco realidad y perspectiva, vol. II. Gobierno del Estado de Tabasco.
- Morehead, D., Pankhurst, N., Ritar, A. (1998). Effect of treatment with LHRH analogue on oocyte maturation, plasma sex steroid levels and eggs production in female striped trumpeter *Latris lineata* (Latreidae). *Aquaculture* 169:315-331. [http://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00374-3](http://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00374-3)
- Nagahama, Y. (1994). Endocrine regulation of gametogenesis in fish. *The International Journal of Developmental Biology* 38:217-229.
- Oliveira, R.F., Canario, A.V.M. (2000). Hormones and social behaviour of cichlid fishes: a case study in the Mozambique tilapia. *Journal of Aquariculture and Aquatic Sciences* 9:187-207.

- Patino, R. (1997). Manipulations of the reproductive system of fishes by means of exogenous chemicals. *The Progressive Fish-Culturist* 59(2):118-128.
- Piamsomboon, P., Sirisopit-Mehl, N., Sirivaidyapong, S., Wongtavatchai, J. (2019). Assisted reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Milt preservation, spawning induction and artificial fertilization. *Aquaculture* 507:139-143. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.019>
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) México. (2017). Manual de buenas prácticas para la producción de tenguayaca (*Petenia splendida*) con el método de acuaponía. Plan de reconversión productiva de Tilapia de Mozambique por Tenguayaca en la población de Andrés Quintana Roo, comunidad limítrofe a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Bayona-Miramontes, A.E., Cruz-Santander, I., Briceño-Domínguez, D.R. ECONCIENCIA A.C. Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México.
- Reséndez-Medina, A., Salvadores-Baledón, M.L. (1983). Contribución al conocimiento de la biología del pejelagarto *Lepisosteus tropicus* (Gill) y la tenguayaca *Petenia splendida* Günther, del estado de Tabasco. *Biótica* 8:413-426.
- Rodríguez-Estrada, U., Méndez-Marín, O., Pérez-Morales, A., Martínez-García, R., Peña-Marín, E., Civera-Cerecedo, R., Goytortua-Bores, E., Martínez-Yáñez, R., Álvarez-González, C.A. (2020). Lipid requirement of bay snook (*Petenia splendida* Günther, 1862) juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research* 48(4):674-685. <https://doi.org/10.3856/vol48-issue4-fulltext-2429>
- Rojas, C.P., Mendoza, E.A. (2000). El cultivo de especies nativas en México. Estado de Salud en la Acuicultura, Instituto Nacional de la Pesca-SEMARNAP. Dirección General de Investigaciones en Acuicultura, México.
- Sahoo, S.K., Giri, S.S., Chandra, S., Sahu, S.K. (2007). Spawning performance and egg quality of Asian catfish *Clarias batrachus* (Linn.) at various doses of human chorionic gonadotropin (HCG) injection and latency periods during spawning induction. *Aquaculture* 266(1-4):289-292. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.006>
- Sánchez-Cruz, F., Calzada-Ruiz, D., Peña-Marín, E.S., Álvarez-González, C.A., Juárez-Barrientos, J.M., Alcántar-Vázquez, J.P., Ramírez-Ochoa, J.M. (2024). Efecto de la densidad de siembra en el desempeño productivo de juveniles de la mojarra negra *Vieja fenestrata* (Cichliformes: Cichlidae). *Tropical and Subtropical Agroecosystem* 27:1-10. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4984>
- Vázquez-Vera, L., Chávez-Carreño, P. (2022). Diagnóstico de la acuicultura en México. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C., México.
- Vidal-López, J.M., Álvarez-González, C.A., Contreras-Sánchez, W.M., Hernández-Vidal, U. (2009). Masculinización del ciclido nativo Tenguayaca, *Petenia splendida* (Günther, 1862), usando nauplios de *Artemia* como vehículo del esteroide 17- α metiltestosterona. *Hidrobiológica* 19(3):211-216. <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/hidrobiologica/index.php/revHidro/article/view/852>
- Uscanga-Martínez, A., Álvarez-González, C.A., Contreras-Sánchez, W.M., Márquez-Couturier, G., Civera-Cerecedo, R., Nolasco-Soria, H., Hernández-Llamas, A., Goytortúa-Bores, E., Morano, F.J. (2012). Protein requirement in masculinized and non-masculinized juveniles of Bay Snook. *Hidrobiológica* 22(3):219-228. <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/717/308>
- Wisenden, B.D. (1995). Reproductive behaviour of free-ranging convict cichlids, *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Environmental Biology of Fishes* 43:121-134. <https://doi.org/10.1007/BF00002480>
- Zidan, S.R.S., Saleh, Ahmed, H.H.E., Semaida, H., Abou-Zied, R.M., Allam, S.M. (2020). Effect of different doses of human chorionic gonadotropin (HCG) hormone on stripping response and reproductive performance of the African catfish (*Clarias gariepinus*). *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries* 24(6):225-242. <http://doi.org/10.21608/EJABF.2020.111531>

Zohar Y., Mylonas C.C. (2001). Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture* 197:99-136. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00584-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00584-1)

