

Biología reproductiva de la corvina *Umbrina xanti* (Perciformes: Sciaenidae) en el Pacífico central mexicano

Salvador Ruiz-Ramírez¹, Valeria E Reséndiz-Cruz¹, Gabriela Lucano-Ramírez^{1*}, Rosa E Carretero-Montes¹, Raúl E Lara-Mendoza²

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historial del artículo:

Recibido 30 de abril de 2024

Aceptado 25 de febrero de 2025

Publicado 24 de marzo de 2025

READ IN ENGLISH:

<https://doi.org/10.7773/cm.v2025.3483>

AUTOR DE CORRESPONDENCIA

* E-mail: gabriela.lucano@academicos.udg.mx

¹ Laboratorio de Ecología de Peces e Histología, Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara, 48980 San Patricio-Melaque, Jalisco, México.

² Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Departamento de Evaluación de Recursos Pesqueros en el Atlántico, Dirección de Investigación Pesquera en el Atlántico, 4100 Ciudad de México, México.

RESUMEN. La corvina *Umbrina xanti* es una especie de importancia comercial en la costa de Jalisco. Sin embargo, como ocurre en la mayoría de los recursos pesqueros del país, la información sobre su historia de vida es muy limitada. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo fue analizar la longitud de madurez sexual, la temporada reproductiva, la descripción microscópica de las gónadas, entre otros aspectos. Se recolectaron organismos de 1998 a 2008 con redes de enmalle por la pesca artesanal que opera en el Pacífico central mexicano. Se analizó mensualmente el índice gonadosomático (*IGS*), los estadios de madurez sexual, el diámetro de los ovocitos, el factor de condición y la proporción sexual. Se realizó la histología de las gónadas, y se estimó la longitud promedio de maduración. Se capturaron 1,202 organismos entre 17.9 y 42.3 cm longitud total (*LT*). El número de hembras fue mayor que el de machos (1:0.88). Los mayores porcentajes de individuos maduros ocurrieron en febrero y de abril a mayo. El *IGS* registró valores máximos de enero a mayo. Los mayores diámetros de los ovocitos ocurrieron de marzo a junio. El desarrollo de los ovocitos fue asincrónico y el testículo presentó desarrollo de tipo lobular no restringido. La longitud promedio de maduración para las hembras fue de 27.37 cm y para los machos fue de 28.78 cm. Debido a que las longitudes promedio de madurez sexual fueron menores a la longitud promedio, podemos concluir que más del 50% de los organismos capturados por la pesca comercial habían tenido un evento reproductivo.

Palabras clave: reproducción, índice gonadosomático, longitud de madurez, corvina, desarrollo asincrónico, organización lobular, diámetro de ovocitos.

INTRODUCCIÓN

La reproducción es un evento relevante que forma parte del ciclo de vida de los seres vivos, junto con el crecimiento y la alimentación, puede asegurar que los organismos persistan en los ambientes que habitan (Nikolsky 1963). Los estudios que describen la reproducción en los peces son importantes en especies que integran la pesca comercial. Estos estudios aportan información básica sobre su biología, así como características de las poblaciones de peces, y en particular lo relativo a su reproducción. Por lo tanto, son insumos fundamentales en la evaluación y gestión de acciones hacia el manejo de las pesquerías (West 1990, Cailliet et al. 1996, Froese 2004).

Las especies que conforman la familia Sciaenidae se encuentran en todo el mundo, en regiones templadas y tropicales, en el Indo-Pacífico, Caribe, aguas del Amazonas, mar Mediterráneo, océanos Atlántico y Pacífico; es una de las familias más abundantes con 69 géneros y 289 especies (Parenti 2020). En México, se distribuye en toda la costa del océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California (Robertson y Allen 2015), y también se observa en la vertiente del Atlántico, en el Golfo de México (Nakamura 1981).

Los esciénidos son conocidos como corvinas o roncadors, debido a los sonidos que producen y por los cuales se pueden localizar agregaciones, aunque es más frecuente escucharlos durante el período reproductivo, especialmente a los machos, ya que estos atraen a las hembras (Lagardère

Acceso abierto

En línea ISSN: 2395-9053

Verificado con Similarity Check impulsado por iThenticate

<https://doi.org/10.7773/cm.v2025.3483>



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite compartir y adaptar el trabajo, siempre y cuando se dé el crédito apropiado a los autores originales y la fuente, proporcione un enlace a la licencia Creative Commons e indique si se realizaron cambios. Las figuras, tablas y otros elementos del artículo están incluidos en la licencia CC BY 4.0 del artículo, a menos que se indique lo contrario. Debe solicitar permiso al titular de los derechos de autor para utilizar material no cubierto por esta licencia. El título de la revista está protegido por derechos de autor propiedad de la Universidad Autónoma de Baja California, y el título y el logotipo de la revista no están sujetos a esta licencia.

y Mariani 2006, Robertson y Allen 2015). La mayoría de las especies de este grupo presentan una alimentación carnívora, consumen macroinvertebrados bentónicos, una variedad de peces pequeños, crustáceos, gusanos cavadores y eventualmente materia orgánica (FAO 1995, Robertson y Allen 2015). Son comunes en mercados locales, ya que su captura es realizada por pescadores de la región (Robertson y Allen 2015).

Umbrina xanti es una especie de la familia Sciaenidae que se distribuye desde México (Baja California) hasta el norte de Perú; es un pez demersal que habita en zonas costeras someras de fondo arenoso y puede ingresar a lagunas costeras y estuarios (Robertson y Allen 2015). Es una especie de importancia comercial en las pesquerías artesanales del Pacífico mexicano (Sandoval-Ramírez et al. 2020), y en particular, en el Pacífico central, su captura es frecuente (Espino-Barr et al. 2003, 2004, Gómez-Vanega et al. 2021), incluida la región del presente estudio (Rojo-Vázquez et al. 2001, 2008). A pesar de esto, y de su particular importancia ecológica, se conoce poco sobre los aspectos de su historia de vida que permitan esclarecer la dinámica poblacional para su manejo pesquero.

Con la reproducción de los peces, inicia la primera etapa de vida de toda una generación, precisamente el ingreso de nuevos organismos es uno de los principales factores que intervienen en la dinámica de las poblaciones de peces (Csirke 1989). Debido a que no existe información sobre los aspectos reproductivos de la corvina amarilla *U. xanti*, el objetivo de este trabajo fue estimar variables reproductivas como el índice gonadosomático, la proporción sexual, la longitud de madurez sexual y la descripción microscópica de las gónadas. Los resultados de este estudio ampliarán la información biológica existente de la especie, la cual podrá ser utilizada por las autoridades para realizar y diseñar un plan de manejo pesquero en la costa sur de Jalisco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los peces se recolectaron mensualmente durante 5 días consecutivos de enero de 1998 a diciembre de 2008. Los organismos analizados provinieron de la captura comercial de la pesca artesanal que opera en la Bahía de Navidad (19°10'27" a 19°13'18" N, 104°41'54" a 104°49'07" W) ubicada al sur de Jalisco en México (Fig. 1). Los pescadores utilizaron redes de enmalle de monofilamento de nailon con diferente luz de malla (7.20, 8.89, 10.16 y 11.43 cm) que operan en el fondo por la noche durante aproximadamente 12 h efectivas de pesca. De cada individuo de *U. xanti*, se obtuvo la longitud total ($LT \pm 1$ mm) y el peso total ($PT \pm 0.1$ g). El sexo y el grado de madurez se identificaron mediante la observación directa de las gónadas (Palazón-Fernández 2007) y se registró su peso ($PG \pm 0.01$ g). Las gónadas se fijaron en formol neutro al 10% (amortiguado con fosfato de sodio dibásico y monobásico) para su posterior análisis histológico.

Para describir la estructura interna de las gónadas, se tomó de la parte media una porción transversal de 0.5 cm de grosor. Se realizaron cortes histológicos de ovarios y testículos de cada uno de los estadios de desarrollo. El proceso histológico consistió en deshidratar las muestras en una serie de soluciones de alcohol etílico en concentración creciente, que inició con 50% hasta alcanzar la concentración absoluta, inclusión en paraplast, cortes de 3 a 5 μ m y tinción con los colorantes hematoxilina-eosina (Lucano-Ramírez et al. 2001a). La observación y análisis de las gónadas se realizó en un microscopio (Primo Star HD, Carl Zeiss, Oberkochen, Alemania) con cámara integrada (AxioCam MRC5, Carl Zeiss) y el programa AxioVision v. 4.8.2 (Carl Zeiss). Se clasificaron los diferentes estadios de desarrollo de los ovocitos de acuerdo a Yamamoto y Yamazaki (1961), Lucano-Ramírez et al. (2001a) y Brown-Peterson et al. (2011). La estructura de las células internas del testículo se describió de acuerdo a los métodos de Lucano-Ramírez et al. (2001b) y Uribe et al. (2018).

Para identificar la temporada reproductiva se aplicaron tres métodos complementarios; el primero se basó en el cálculo mensual del índice gonadosomático (*IGS*) (Sánchez-Cárdenas et al. 2007):

$$IGS = \left[\frac{PG}{(PT - PG)} \right] \times 100 \quad (1)$$

El segundo consistió en aplicar, mensualmente, la escala morfo-cromática de 4 estadios de desarrollo gonádico (inmaduro, madurando, maduro y desovado o en regresión) de acuerdo a los criterios de Palazón-Fernández (2007). Para el tercer método, se analizó la variación mensual del diámetro promedio de los ovocitos, con el supuesto de que un mayor diámetro promedio corresponde a un mayor grado de desarrollo del ovario; para esto, de cada ovario se midieron 30 ovocitos de cada uno de los diferentes estadios de maduración (diámetro mayor y diámetro menor de los ovocitos que presentaron núcleo) (West 1990, Lucano-Ramírez et al. 2014).

La relación peso-longitud, se calculó a través de la ecuación del modelo potencial propuesto por Ricker (1975):

$$PT = aLT^b \quad (2)$$

donde *PT* es el peso total, *LT* es la longitud total y *a* y *b* son parámetros de la curva ajustada. El valor de *b* de la relación peso-longitud se utilizó para calcular el factor de condición relativo (*FC*) de cada organismo (Froese 2006):

$$FC = \left(\frac{PT}{LT^b} \right) \times 100 \quad (3)$$

donde *PT* es el peso total, *LT* es la longitud total y *b* es el parámetro de la curva ajustada. La proporción de sexos se obtuvo como la razón del número de machos entre el número de hembras, y se calculó para la muestra total, para cada mes y por clase de longitud. A través de la prueba de Chi-cuadrada

(χ^2) con la corrección de Yates, se evaluó si la proporción de sexos difirió del valor esperado 1:1 (Zar 2010).

La longitud media de madurez sexual (L_{50}) se consideró como la longitud en la cual el 50% de los individuos de la muestra han alcanzado la madurez sexual. Para obtener esta, se ajustó el modelo logístico a la frecuencia de peces maduros (en intervalos de 2 cm LT). El valor L_{50} para cada sexo se obtuvo a partir de los parámetros estimados en cada caso. Se estimó el porcentaje de individuos maduros a una determinada longitud (P_{LT}):

$$P_{LT} = \frac{1}{[1 + e^{(bLT+a)}]} \times 100, \quad (4)$$

donde a y b son los parámetros del modelo logístico. La L_{50} fue estimada del resultado de a dividido por b (Echeverría 1987). Este modelo se ajustó para cada sexo mediante un método no lineal basado en el algoritmo de Levenberg-Maquard utilizando el programa STATISTICA v. 7.1 (Statsoft 2006). Se llevó a cabo el análisis de residuales o curvas coincidentes para evaluar posibles diferencias en las ojivas de maduración entre sexos (Chen et al. 1992).

La existencia de diferencias significativas entre los valores medios por mes del IGS , FC y diámetro de los ovocitos, se verificó utilizando el análisis de varianza (ANDEVA), y la variación mensual conjunta entre las diferentes variables se verificó mediante la prueba no paramétrica de correlación por rangos de Spearman (r_s). Para todas las pruebas, se utilizó el programa STATISTICA v. 7.1 (Statsoft 2006) y un nivel de significancia de 0.05.

RESULTADOS

Se recolectaron 1,202 organismos de *U. xanti* que presentaron valores de LT de 17.9 a 42.3 cm. El 80% de estos se concentraron entre valores de 28 a 32 cm LT , y el porcentaje restante presentó valores de $LT < 28$ cm y > 32 cm. Los valores de LT de las hembras variaron de 17.9 a 42.3 cm (promedio: 29.73 ± 0.11 cm), mientras que sus valores de PT variaron de 67.0 a 837.7 g (promedio: 293.54 ± 3.36 g). En los machos, los valores de LT variaron de 23.6 a 42.1 cm (promedio: 29.70 ± 0.09 cm), mientras que sus valores de PT variaron de 143.0 a 807.0 g (promedio: 289.29 ± 3.11 g) (Fig. 2).

Proporción sexual

Se identificó el sexo de 1,197 organismos, de los cuales 637 fueron hembras (53%) y 560 machos (47%); la proporción sexual para el total de los organismos analizados fue de 1:0.88 (H:M). Esta proporción difirió significativamente ($\chi^2 = 4.95$, $P = 0.03$) de la esperada 1:1. A su vez, en el análisis de la cantidad de hembras y machos por clase de longitud, no se observaron diferencias significativas respecto a la proporción esperada 1:1 en ninguna clase (Fig. 1). En el análisis de la proporción sexual mensual, hubo diferencias significativas en marzo ($\chi^2 = 4.49$, $P = 0.03$), abril ($\chi^2 = 7.91$, $P = 0.01$) y

octubre ($\chi^2 = 7.26$, $P = 0.01$); en estos tres meses el número de hembras superó al de machos.

Temporada reproductiva

La distribución mensual de los porcentajes de madurez gonadal indicó que la etapa inmadura exhibió porcentajes relativamente bajos en las hembras (enero, abril y septiembre-diciembre) y en machos (enero-junio y noviembre-diciembre). El estadio madurando y el estadio desovado o en regresión se presentaron en todos los meses en ambos sexos, y estos porcentajes fueron superiores al 30% en varios de ellos. El estadio maduro en hembras se registró de enero a junio, con porcentajes altos de 51% en febrero y 55% en mayo. En los machos, este estadio presentó una tendencia semejante a la de las hembras, ya que de enero a abril se presentaron los porcentajes más altos de 34% en enero y 51% en marzo (Fig. 3).

El IGS de las hembras mostró variaciones significativas a lo largo del año ($F_{11, 625} = 11.98$, $P < 0.01$), y en marzo (4.75 ± 0.27) y abril (4.62 ± 0.36) se presentaron los valores más altos. Contrariamente, durante el mes de agosto, se obtuvo el valor menor (0.98 ± 0.04). El valor promedio del IGS en las hembras para todo el estudio fue de 2.8. La variación del IGS en los machos también fue significativa en todo el año ($F_{11, 548} = 16.92$, $P < 0.01$), y en abril (1.63 ± 0.14) se encontró el valor máximo, y los valores mínimos se registraron en junio (0.34 ± 0.04) y agosto (0.25 ± 0.03). El valor promedio general del IGS en los machos fue de 0.8. La prueba de contrastes múltiples de SNK identificó los grupos con valores altos en marzo y abril en ambos sexos (C y 3-4), y los valores bajos de junio a diciembre (A-B y 1-2), también en ambos sexos. El coeficiente de correlación de Spearman indicó una alta correlación entre los promedios mensuales de IGS de machos y hembras ($r_s = 0.867$, $P < 0.01$, $n = 12$); esto sugiere que los valores en ambos sexos presentaron una tendencia temporal similar (Fig. 4).

La variación mensual del diámetro de los ovocitos de *U. xanti* fue significativa ($F_{11, 7510} = 46.86$, $P < 0.01$), y de marzo a junio (grupos 4 y 5) se presentaron los mayores diámetros. Los diámetros menores (grupos 1 y 2) se registraron de julio a octubre y de diciembre a enero. Se determinó que existe una correlación entre el diámetro de los ovocitos y el índice gonadosomático de las hembras ($r_s = 0.853$, $P < 0.01$, $n = 12$) (Fig. 5). Las variaciones mensuales de los porcentajes de madurez gonádica, del IGS y del diámetro de los ovocitos sugieren que la especie se reproduce en el periodo de enero a mayo.

Factor de condición relativo

El factor de condición relativo (FC) varió significativamente a lo largo del año para las hembras ($F_{11, 625} = 4.56$, $P < 0.01$) y machos ($F_{11, 548} = 4.48$, $P < 0.01$). En las hembras, los valores mínimos se presentaron en julio, agosto y septiembre,

mientras que, en los machos, ocurrieron en enero, agosto y septiembre. Con la prueba de *SNK* se identificaron dos grupos para ambos sexos (A y B, 1 y 2), y ocurrieron traslapes en varios meses. Se presentó una tendencia similar temporal en ambos sexos, ya que el coeficiente de correlación de Spearman indicó correlación entre los promedios mensuales del *FC* de hembras y machos ($r_s = 0.60$, $P < 0.04$, $n = 12$) (Fig. 6).

El análisis de correlación entre las variables *IGS* y *FC* indicó que no fue significativo en las hembras ($r_s = 0.524$, $P = 0.80$, $n = 12$). Sin embargo, se observó que, en los meses con valores altos del *FC*, también se presentaron los valores altos del *IGS*, lo que podría indicar que no hay un costo o inversión energética elevada por parte de las hembras al momento de

la reproducción. En los machos, la correlación tampoco fue significativa ($r_s = -0.287$, $P = 0.37$, $n = 12$). Sin embargo, en los meses de marzo, abril y mayo, el *FC* presentó valores bajos, pero en los mismos meses, el *IGS* presentó los valores más altos. Por lo tanto, podemos inferir que, en los machos, la madurez de la gónada podría afectar el estado fisiológico de los organismos.

Descripción microscópica de las gónadas

Los ovarios están cubiertos por la túnica ovárica, la cual está formada por tejido muscular. En el interior del ovario se localizan grupos de ovocitos en diferente grado de

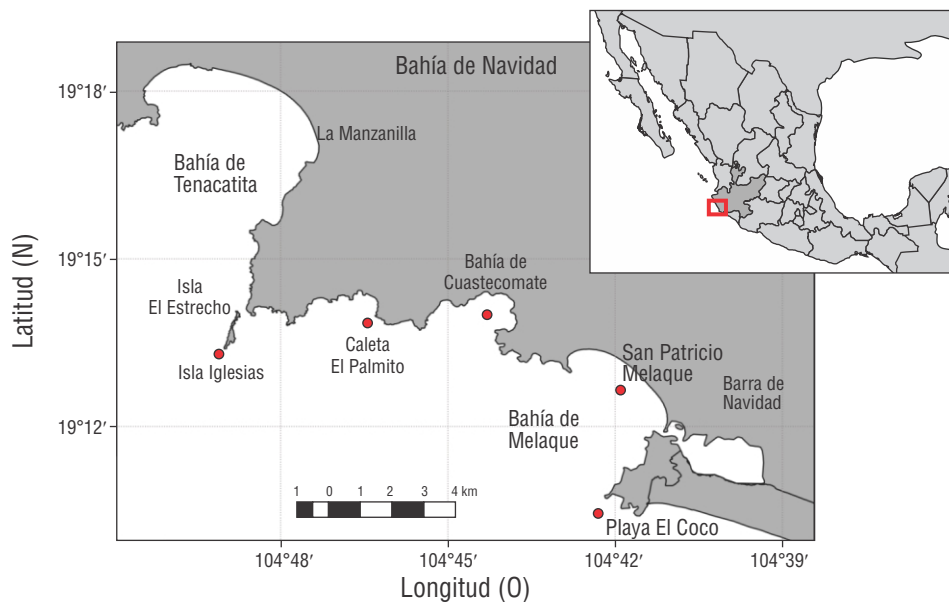


Figura 1. Área de estudio: Bahía de Navidad, Jalisco, México. Los puntos representan los sitios en donde se llevaron a cabo los muestreos mensuales.

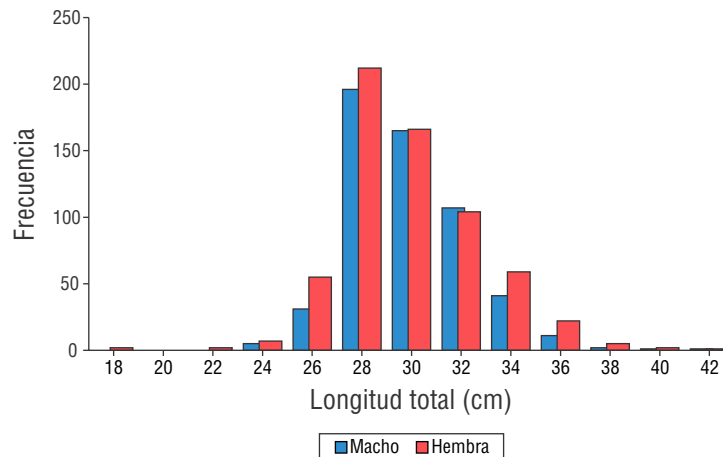


Figura 2. Distribución de frecuencias de la longitud total de hembras y machos de *Umbrina xanti* capturados en el Pacífico central mexicano.

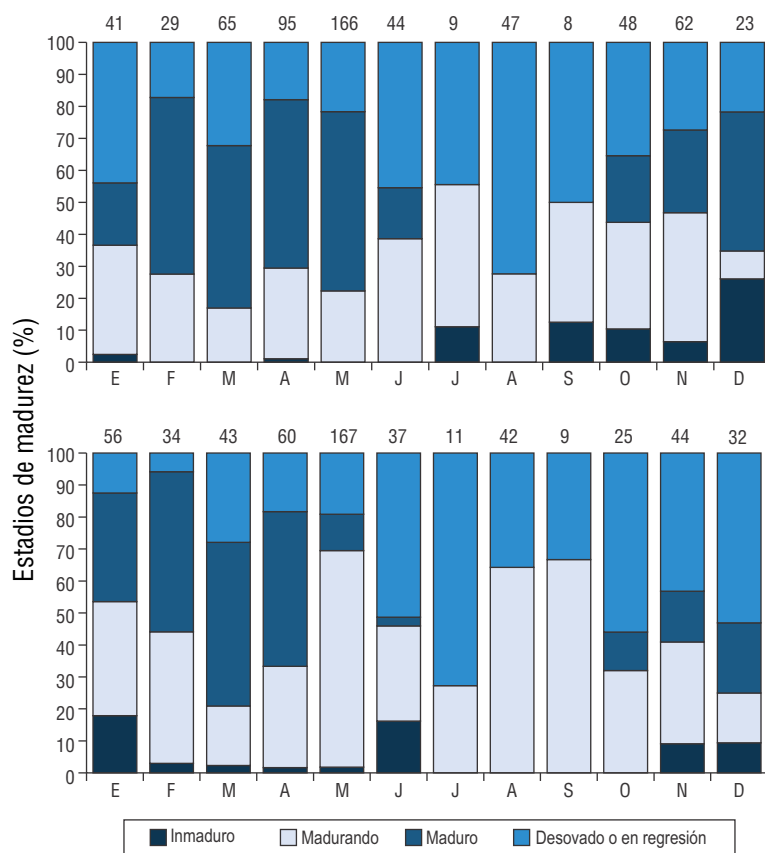


Figura 3. Porcentaje mensual de los estadios de madurez gonadal de hembras (superior) y machos (inferior) de *Umbrina xanti* en el Pacífico central mexicano. Los números en la parte superior indican el tamaño de muestra.

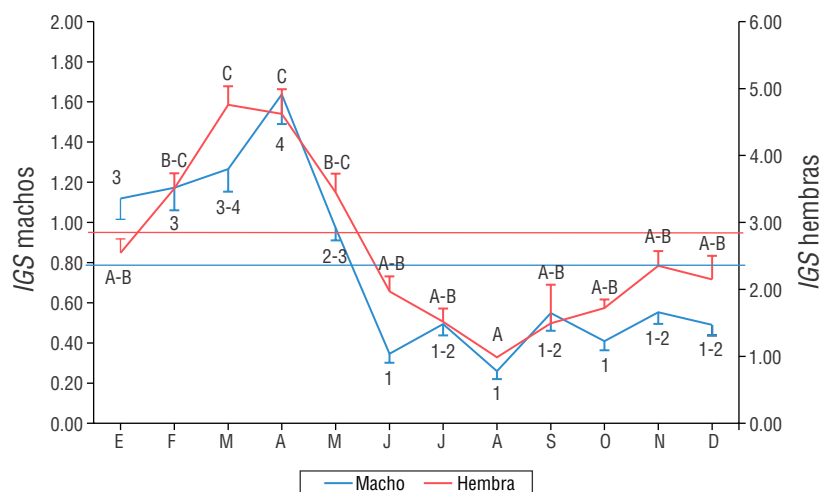


Figura 4. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) de hembras y machos de *Umbrina xanti* capturados en el Pacífico central mexicano. Las barras indican el error estándar. Las líneas transversales representan el valor promedio. Los números (machos) y letras (hembras) indican diferencia significativa.

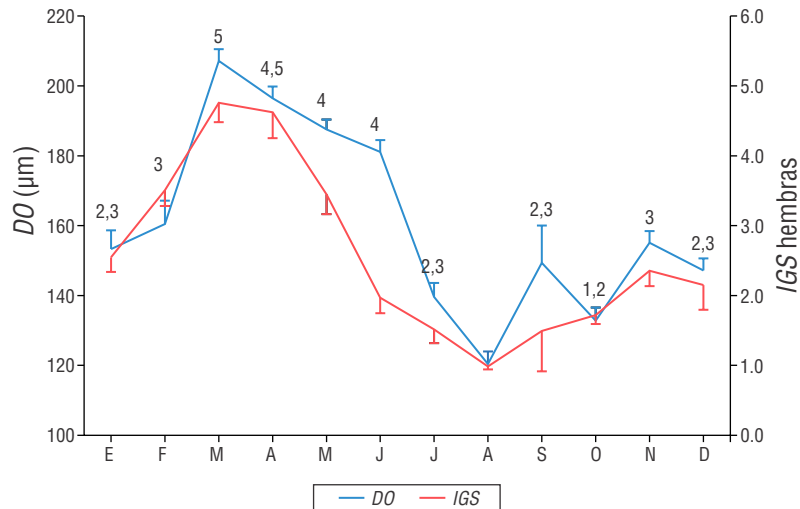


Figura 5. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) de hembras y el diámetro de ovocitos (DO) de *Umbrina xanti* capturados en el Pacífico central mexicano. Las barras indican el error estándar. Los números (DO) representan la prueba de contraste múltiple.

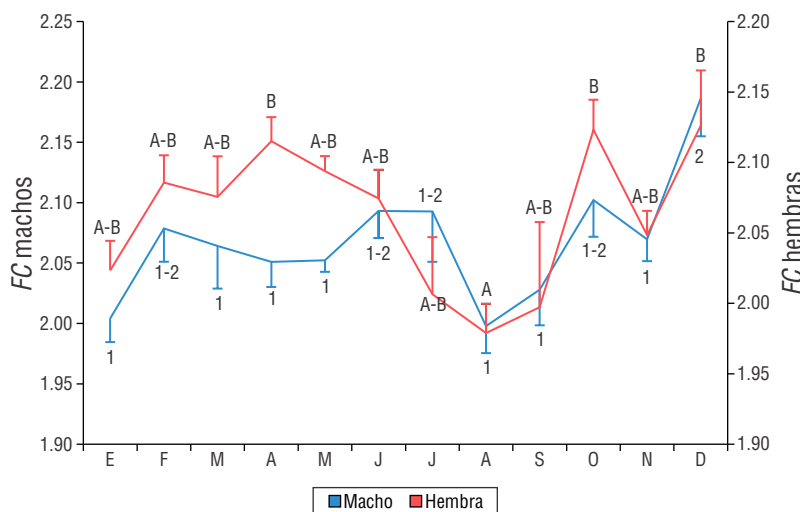


Figura 6. Variación mensual del factor de condición relativo (FC) de hembras y machos de *Umbrina xanti* capturados en el Pacífico central mexicano. Las barras indican el error estándar. Los números (machos) y letras (hembras) indican diferencia significativa.

desarrollo delimitados por las lamelas (Fig. 7). Se identificaron siete fases de desarrollo de los ovocitos: 1) Ovocitos en crecimiento primario, con diámetro promedio de $65.00 \pm 2.10 \mu\text{m}$, caracterizados por tener poco citoplasma y un núcleo grande con nucléolos. 2) Ovocitos con vesículas vitelinas o alveolo corticales con diámetro promedio de $135.15 \pm 5.48 \mu\text{m}$. En el citoplasma, se distinguen gotas de aceite, y con estos se inicia la formación de vitelo. 3) Ovocitos en vitelogénesis primaria con diámetro promedio de $202.88 \pm 7.51 \mu\text{m}$. Se observan glóbulos de vitelo en el citoplasma. 4) Ovocitos en vitelogénesis secundaria con diámetro promedio de $307.38 \pm 8.25 \mu\text{m}$. En todo el citoplasma, se presentó una gran cantidad de glóbulos de vitelo. 5) Ovocitos en vitelogénesis terciaria con diámetro

promedio de $319.58 \pm 12.23 \mu\text{m}$. Los glóbulos de vitelo empezaron a fusionar y el núcleo se encontró en proceso de migración hacia el polo animal. 6) Ovocitos maduros con diámetro de $335.64 \pm 9.27 \mu\text{m}$. El vitelo está completamente fusionado y no se observó el núcleo. 7) Ovocitos hidratados con diámetro promedio de $367.03 \pm 19.62 \mu\text{m}$. La presencia simultánea de ovocitos en diferentes fases de desarrollo en el ovario maduro indica que *U. xanti* presenta un desarrollo de tipo asincrónico (Fig. 6).

Las células de la línea germinal dentro del testículo se encontraron organizadas en lóbulos; en estos se observaron grupos de células formando cistos, y es aquí en donde se llevó a cabo todo el proceso de la espermatogénesis. Una vez formados los espermatozoides, estos se concentraron en el

lumen de los lóbulos y posteriormente se acumularon en el conducto receptor para ser expulsados. Este tipo de organización que tienen las células sexuales sugiere que el desarrollo es de tipo lobular no restringido (Fig. 8).

Longitud media de madurez sexual (L_{50})

La hembra más pequeña con gónadas maduras presentó un valor de LT de 22.6 cm y el macho con la misma característica presentó un valor de LT de 24.5 cm. De acuerdo con los resultados obtenidos con el cálculo de la longitud media de madurez, se obtuvo que el 50% de las hembras alcanzaron la madurez sexual a los 27.37 cm LT y los machos a 28.78 cm LT . La longitud promedio para el total de hembras que se analizaron fue de 29.48 cm; esta longitud equivale a que el 68% de las hembras presentaron características de madurez gonádica. En el caso de los machos, la longitud promedio general fue de 29.27 cm, lo que representó que el 66% del total de machos muestreados presentaron gónadas maduras; con esto se puede deducir que más del 50% de los organismos que provinieron de la captura comercial habrían tenido por lo menos un evento reproductivo. Las longitudes promedio de cada una de las cuatro redes utilizadas en el presente estudio fueron mayores que la longitud de madurez sexual; es importante mencionar que la red de 7.20 cm capturó solo el 28% de organismos por debajo de la longitud de madurez sexual. El análisis de residuales o curvas coincidentes indicó que las curvas de maduración entre sexos no mostraron diferencia significativa ($F = 2.054$, $P = 0.14$), por lo que la longitud media de madurez para sexos combinados fue de 27.98 cm LT con un valor de la pendiente de 0.31 (Fig. 9).

DISCUSIÓN

El estudio de los aspectos reproductivos en especies de importancia comercial, y aun en aquellas que no tienen este estatus, contribuye con elementos básicos que se pueden utilizar para un manejo adecuado en la captura comercial de peces. La presente información puede utilizarse para estimar los posibles impactos de efectos ambientales y antropogénicos sobre la dinámica de la población de *U. xanti*.

Distribución de la longitud total

La longitud promedio y los intervalos con mayor frecuencia de organismos recolectados de *U. xanti* en el presente trabajo fueron similares a los encontrados por Espino-Barr et al. (2003) en Colima (30.16 cm) y Espino-Barr et al. (2004) en Jalisco (29.62 cm), en donde los valores mayores de LT de los organismos capturados estuvieron entre 25.35 y 32.25 cm y 27.16 y 31.46 cm, respectivamente. La semejanza entre los valores previos y los obtenidos en este estudio puede deberse a que la fuente de origen de los peces es la captura comercial, que utiliza

redes agalleras con características similares, además de que las zonas de estudio están cercanas.

Proporción sexual

La proporción de hembras y machos es un elemento importante que permite entender la dinámica reproductiva de una población. Se conoce que la mayoría de las especies que se reproducen sexualmente presentan una proporción sexual cercana a 1:1, lo que maximiza el éxito reproductivo y la diversidad genética, y tienden a ser más resilientes a cambios y perturbaciones; sin embargo, también se ha señalado que cuando hay un mayor número de alguno de los sexos, estos, con el paso del tiempo, tienden a equilibrarse por medio de la selección natural (Fisher 1930, Nikolsky 1963). En este estudio las hembras fueron más abundantes que los machos; este es un resultado semejante al encontrado en otros estudios realizados con esciénidos, como *Sciaena umbra* en España, donde Grau et al. (2009) también encontraron que las hembras dominaron sobre los machos con una proporción 1.3:1.0 (H:M). Lo mismo sucedió con *Bairdiella ronchus* en el Caribe colombiano, con una notable abundancia de hembras (1.7:1.0; H:M) (Torres-Castro et al. 1999). A su vez, Fennessy (2000) describe este mismo patrón en esciénidos en la costa de Sudáfrica. Esta diferencia entre sexos, según Sadovy y Shapiro (1987), se presenta en especies gonocóricas por diferencias en el crecimiento y longevidad, así como la segregación espacial, tasa de supervivencia por sexos y la migración para el desove. Además, Silberschneider y Gray (2008) señalaron que en algunas especies se ha registrado una mayor tasa de supervivencia en las hembras.

Temporada reproductiva

Uno de los métodos más sencillos, empleados y rápidos para evaluar el nivel de desarrollo gonadal es el uso de las escalas macroscópicas (West 1990, Brown-Peterson et al. 2011). La escala propuesta por Palazón-Fernández (2007) para caracterizar el desarrollo del ovario y del testículo consta de cuatro estadios de maduración, los cuales se identificaron por características específicas como la coloración, el tamaño y la presencia o ausencia de fluidos y ovocitos. Esta escala se utilizó en el presente trabajo, y en conjunto con el IGS, permitió identificar el periodo reproductivo de *U. xanti*. Sin embargo, otros autores utilizaron diferentes escalas de maduración que se adaptan más a las características que observaron en una especie en particular; por ejemplo, Prista et al. (2014) utilizaron una escala de cinco estadios para caracterizar la maduración de hembras y machos en la corvina *Argyrosomus regius*.

Los estudios a nivel microscópico ayudan a confirmar el grado de madurez de las gónadas, así como definir el tipo de desarrollo que presentan los ovocitos y el arreglo de las células espermáticas en el testículo. A nivel microscópico, en el testículo se puede diferenciar la fase de maduración en la que se ubica con base en las estructuras y características

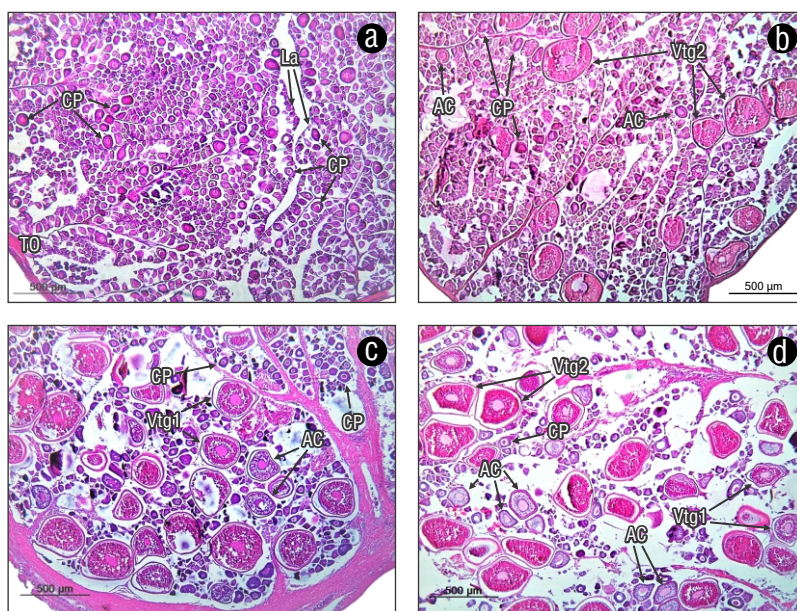


Figura 7. Cortes transversales de ovarios en diferentes estadios de madurez de *Umbrina xanti*: inmaduro (a), madurando (b), maduro (c) y desovado o en regresión (d). Tinción hematoxilina-eosina. Escala: 500 µm. TO = túnica ovárica; CP = ovocito crecimiento primario; AC = ovocito en alveolo cortical; Vtg1 = ovocito en vitelogénesis primaria; Vtg2 = ovocito en vitelogénesis secundaria; La = lamela.

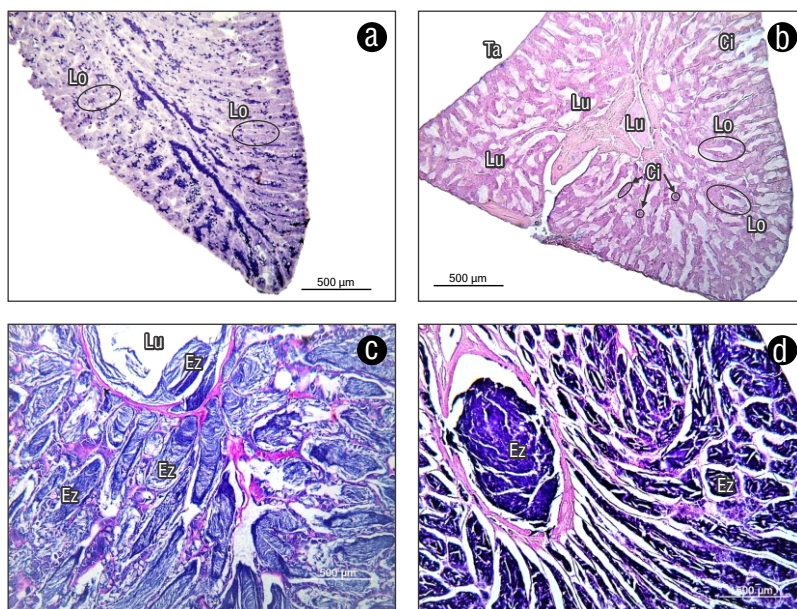


Figura 8. Cortes transversales de testículos en distintos estadios de madurez de *Umbrina xanti*: inmaduro (a), madurando (b), maduro (c) y desovado o en regresión (d). Tinción hematoxilina-eosina. Escala: 500 µm. Ta = túnica albugínea; Lu = lumen; Lo = lóbulos; Cs = cisto; Ez = espermatozoides.

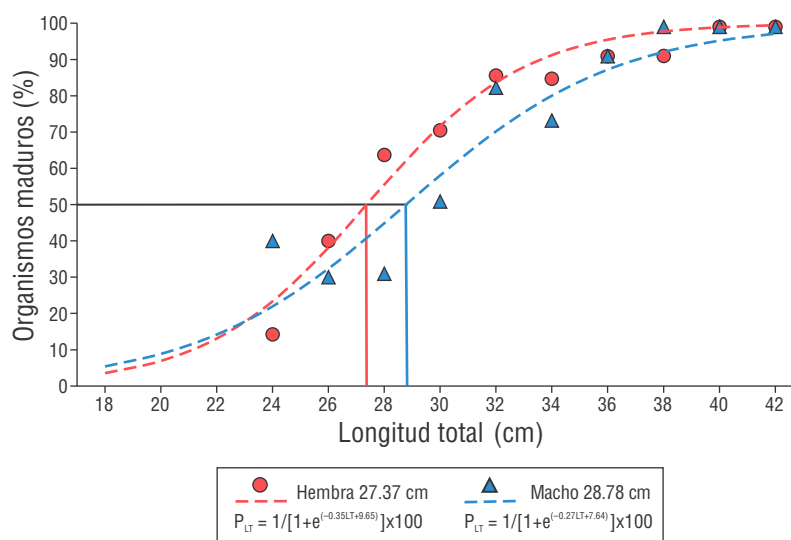


Figura 9. Porcentaje de organismos maduros de hembras y machos de *Umbrina xanti* capturados en el Pacífico central mexicano. Las líneas verticales indican el valor de L_{50} para cada uno de los sexos; línea continua hembras y línea discontinua machos.

como el engrosamiento de la túnica albugínea, la presencia o ausencia de espermatozoides, la cantidad de tejido intersticial y la diferenciación del conducto receptor; estos son distintos en función del grado de madurez en el que se encuentre (Grier et al. 2009). Los testículos de los machos de *U. xanti* presentaron un mayor peso cuando estaban maduros, ya que es cuando están listos para liberar los espermatozoides. En este nivel de desarrollo se observan ramificaciones bien definidas de los lóbulos, lo cual hace evidente el tejido intersticial, con un acomodo radial y se extiende hasta la túnica albugínea (Grier 1981). Los espermatozoides se concentran en los ductos en dirección del conducto receptor y se agrupan dentro de él; estas características son específicas de un desarrollo testicular de tipo lobular. Las especies de esciénidos que presentan estas características y el mismo tipo de desarrollo son *Micropogonias undulatus* (Barbieri et al. 1994), *Roncador stearnsii* (Miller et al. 2009), *Umbrina roncador* (Miller et al. 2009) y *Larimichthys polyactis* (Kyu-Lim et al. 2010).

En el ovario maduro de *U. xanti* se encontraron 7 fases de desarrollo de los ovocitos de manera simultánea. El aumento en el tamaño de estos es muy claro desde el inicio de la vitelogenénesis, en donde el ovocito crece paulatinamente debido a la acumulación de vitelo en el citoplasma. Grau et al. (2009) clasificaron el desarrollo de los ovocitos en *S. umbra* en 7 fases, lo anterior con base en el diámetro que presentó en cada una de las fases de los ovocitos. Debido a que en los ovarios maduros de *U. xanti* se presentaron de forma simultánea diversas fases de desarrollo de los ovocitos, esto puede confirmar que se desarrollan de forma asincrónica. En consecuencia, se espera que los ovocitos sean liberados en desoves múltiples. En otro estudio con *S. umbra* en la costa de Turquía, se registraron en el ovario 12 fases de desarrollo de los ovocitos; los autores asumieron que el desarrollo de los mismos era asincrónico y consideraron que esta especie

era iteropara y gonocórica con desoves múltiples (Engin y Seyhan 2009). Este mismo tipo de desarrollo asincrónico lo presentan distintas especies de la familia Sciaenidae como *M. undulatus* (Barbieri et al. 1994), *Sciaenops ocellatus* (Wilson y Nieland 1994), *Micropogonias furnieri* (Vizziano et al. 2005), *R. stearnsii* (Miller et al. 2009), *L. polyactis* (Kyu-Lim et al. 2010), *Menticirrhus americanus* (Clardy et al. 2014) y *Macrodon ancylodon* (Dos Santos-Cardoso et al. 2018). Las especies que tienen ovocitos con desarrollo asincrónico suelen presentar desoves parciales o desoves múltiples, con una estación reproductiva relativamente amplia o con varios eventos reproductivos al año (González y Oyarzún 2002, Dos Santos-Cardoso et al. 2018).

El IGS es utilizado frecuentemente para identificar periodos reproductivos (Brewer et al. 2007). En este estudio, ambos sexos de *U. xanti* presentaron valores máximos del IGS en primavera. Según Mendo y Samame (1988), los valores del IGS incrementan durante la época de reproducción y disminuyen después del desove. En la región de estudio, se conoce que ocurren surgencias costeras de febrero a mayo (Ambríz-Arreola et al. 2012); esta situación podría apoyar la mayor actividad reproductiva de *U. xanti*, ya que en este periodo las larvas podrían beneficiarse al incrementar la productividad primaria por efecto de estas surgencias costeras. En tanto, Cárdenas (2012) menciona que esta familia se reproduce principalmente en temperaturas cálidas, en donde se presentan condiciones más favorables para el desarrollo de huevos y el crecimiento de larvas, por ello, varias especies de esciénidos presentan una mayor actividad reproductiva en la primavera y el verano. Lo anterior también es el caso de *Argyrosomus japonicus* en Taiwán, que presenta un periodo reproductivo entre marzo y junio (Ueng et al. 2007), y *A. regius*, que se reproduce entre marzo y agosto en la costa de España (Jiménez et al. 2007). A su vez, Vizziano et al. (2005) registraron el periodo

reproductivo de diciembre a marzo para *M. furnieri* en la costa de Brasil. En tanto, para *Cynoscion nebulosus* en el Golfo de México, los desoves ocurren de mayo a julio (Brown-Peterson et al. 2002), y para *S. umbra*, suceden de marzo a junio en el mar Mediterráneo (Chakroun-Marzouk y Ktari 2003).

Factor de condición relativo

El factor de condición relativo (*FC*) es una variable que refleja la condición corporal de los peces, y esta se puede relacionar con la cantidad, calidad y disponibilidad de alimento en el medio en donde cada especie se desarrolla (Froese 2006). Valores altos del *FC* indican que los organismos tienen una buena o mejor condición fisiológica. En la Bahía de Navidad, México, las hembras de *U. xanti* presentaron valores máximos de *FC* en abril, octubre y diciembre, y los machos en febrero, junio-julio, octubre y diciembre. Los valores altos en el *FC* suelen estar asociados con periodos de mayor o mejor alimentación.

En la región de estudio, se mencionó que ocurren surgencias costeras que incrementan la productividad en estas zonas de febrero a mayo (Ambriz-Arreola et al. 2012), lo que provoca un aumento en la productividad que podría explicar el incremento del *FC* en estos meses. El incremento del *FC* que se observó a finales del año puede ser un efecto de una condición climática intermedia, ya que es la recta final de la estación de lluvias y un periodo de transición entre las condiciones tropical-subtropical y templada, en donde no hay un claro dominio de una sola condición ambiental (Ambriz-Arreola et al. 2012).

A inicios y finales del año se presentaron los valores máximos del *FC* (es más claro en las hembras) y, en este mismo periodo se registraron incrementos en el *IGS*. La relación entre el *IGS* y *FC* no fue muy clara en *U. xanti*. En las hembras, al parecer, la reproducción no afecta la condición corporal, sin embargo, en los machos se observó una tendencia negativa, aunque no fue significativa. Si bien no es el caso de *U. xanti*, en algunas especies y de acuerdo a lo mencionado por Wootton (1990), la inversión energética de las hembras se debe a la acumulación de vitelo durante la ovogénesis. Sin embargo, también se ha mencionado que el gasto energético para ambos sexos se debe a los requerimientos de los individuos, como es la supervivencia, el crecimiento o la reproducción, estos en relación con el ambiente en el que se desarrollan. En el caso de la reproducción, la inversión puede estar asociada con el aumento en el tamaño de las gónadas relacionado con el peso de los organismos, lo cual indica que en este periodo las gónadas se encuentran en el punto máximo de maduración. En algunas especies, una disminución en los valores del *FC* indica una disminución de la energía almacenada en forma de lípidos corporales y proteínas en el organismo; estas sustancias ayudan a enfrentar los requerimientos energéticos durante la reproducción (González y Oyarzún 2002).

Longitud de madurez sexual

En *U. xanti* la longitud promedio de maduración entre hembras y machos no fue diferente. De forma similar a lo encontrado en este estudio, en la costa de Brasil, Dos Santos-Cardoso et al. (2018) observaron que ambos sexos de *M. ancylodon* maduran a 21.3 cm, y para *M. furnieri* la maduración ocurrió a 11 cm (Vizziano et al. 2005); los autores suponen que esto es posible si ambos sexos realizan las mismas migraciones y se alimentan en sitios semejantes, por lo tanto, pueden alcanzar la madurez sexual al mismo tiempo. Otros estudios con esciénidos indican que las hembras alcanzan la madurez sexual a una longitud mayor que los machos, como en *S. umbra*, en donde las hembras maduraron a 23.4 cm y los machos a 22.1 cm (Chakroun-Marzouk y Ktari 2003). Para la misma especie, Grau et al. (2009) mencionaron que las hembras alcanzaron la madurez sexual a 29.9 cm y los machos a 25.4 cm. A su vez, para *B. ronchus* en el Caribe colombiano, las hembras presentaron una longitud sexual promedio de 15.8 cm y los machos de 15.4 cm (Torres-Castro et al. 1999). Se ha confirmado que, en la mayoría de los esciénidos, las hembras se reproducen a una longitud mayor que la de los machos (Cárdenas 2012); esto podría deberse a que las hembras, para iniciar con la reproducción, necesitan de mayor cantidad de alimento para crecer primero y posteriormente producir la cantidad de huevos necesaria para asegurar un incremento en los individuos de la población (Kunz 2004).

En *U. xanti* la longitud promedio de captura (29.7 cm) fue ligeramente mayor a la longitud media de madurez sexual (28.1 cm). Esto sugiere que un poco más de la mitad de los organismos capturados ya habrían tenido al menos un evento reproductivo. Debido a que la longitud promedio de captura fue mayor a la longitud de maduración, Espino-Barr et al. (2008) afirman que esta situación es deseable en especies sujetas a explotación comercial. De cualquier forma, es importante continuar con estudios que analicen la dinámica de las poblaciones de especies, principal y especialmente aquellas que están sujetas a una continua captura comercial.

CONCLUSIONES

Con los tres métodos utilizados para identificar el periodo reproductivo de *U. xanti*, se obtuvo que ambos hembras y machos presentaron un periodo reproductivo prolongado, el cual fue de enero a mayo. *Umbrina xanti* es una especie gonocórica; microscópicamente, las células de la línea germinal del testículo presentan una organización de tipo lobular no restringido y en el ovario el desarrollo de los ovocitos es asincrónico. La longitud promedio de maduración sugiere que el 62% de las hembras y 61% de los machos ya habrían tenido al menos un evento reproductivo. El presente estudio aporta información básica de la reproducción de *U. xanti*, especie de interés comercial en el Pacífico central mexicano. Esta información puede utilizarse para estimar los posibles impactos de

efectos ambientales y antropogénicos sobre la dinámica de la población de *U. xanti*.

DECLARACIONES FINALES

Material suplementario

Este trabajo no incluye material suplementario.

Agradecimientos

A Daniel y Gerardo Kosonoy, Manuel Díaz, y las cooperativas pesqueras “Rivera Melaque” y “Punta Farallón” por facilitarnos sus instalaciones. A la Universidad de Guadalajara por financiar el proyecto. A los estudiantes del Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras que colaboraron en los muestreos. Al Dr. Israel Ambriz-Arreola por el mapa del área de estudio y las coordenadas del mismo.

Fondos

Este estudio fue financiado por la Universidad de Guadalajara a través del Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras de 1998 a 2008.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribuciones de autor

Conceptualización: SRR, GLR, VERC; Análisis formal: SRR, GLR, VERC, RELM; Adquisición de financiamiento: GLR, SRR; Investigación: SRR, GLR, VERC, RELM; Metodología: GLR, SRR, VERC, RECM; Recursos: GLR, SRR, RECM; Redacción—borrador original: GLR, SRR, VERC; Redacción—revisión y edición: GLR, SRR, VERC, RECM, RELM.

Disponibilidad de datos

Se pueden obtener un uso parcial de los datos de este estudio, mediante una solicitud razonable a través del autor de correspondencia.

Uso de herramientas de IA

Los autores no utilizaron ninguna herramienta de inteligencia artificial para este trabajo.

REFERENCIAS

- Ambriz-Arreola I, Gómez-Gutiérrez J, Franco-Gordo MC, Lavaniegos BE, Godínez-Domínguez E. 2012. Influence of coastal upwelling-downwelling variability on tropical euphausiid abundance and community structure in the inshore Mexican central Pacific. *Mar Ecol Prog Ser*. 451:119-136. <https://doi.org/10.3354/meps09607>
- Barbieri LR, Chittenden ME, Lowerre-Barbieri SK. 1994. Maturity, spawning, and ovarian cycle of Atlantic croaker, *Micropogonias undulatus*, in the Chesapeake Bay and adjacent coastal waters. *Fish Bull.* 92(4):46-51.
- Brewer SK, Rabeni CF, Papoulias DM. 2007. Comparing histology and gonadosomatic index for determining spawning condition of small-bodied riverine fishes. *Ecol Freshw Fish.* 17(1):54-58. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2007.00256.x>
- Brown-Peterson NJ, Peterson MS, Nieland DL, Murphy MD, Taylor RG, Warren JR. 2002. Reproductive biology of female spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*, in the Gulf of Mexico: differences among estuaries. *Environ Biol Fish.* 63:405-415. <https://doi.org/10.1023/A:1014925421111>
- Brown-Peterson NJ, Wyanski DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ, Lowerre-Barbieri SK. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Mar Coast Fish.* 3(1):52-70. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>
- Cailliet MG, Love SM, Ebeling WA. 1996. Fishes: A field and laboratory manual on their structure, identification and natural history. Illinois (USA): Waveland Press Inc. 202 p.
- Cárdenas S. 2012. Biología y acuicultura de corvina en el mundo. *AquaTIC.* 37:1-14.
- Chakroun-Marzouk N, Ktari MH. 2003. Le corb des c'tes tunisiennes, *Sciaena umbra* (Sciaenidae): cycle sexual, age et croissance. *Cybium.* 27:211-225.
- Chen Y, Jackson DA, Harvey HH. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Can J Fish Aquat Sci.* 49:1228-1235. <https://doi.org/10.1139/f92-138>
- Clardy SD, Brown-Peterson NJ, Peterson MS, Leaf RT. 2014. Age, growth, and reproduction of Southern Kingfish (*Menticirrhus americanus*): a multivariate comparison with life history patterns in other sciaenids. *Fish Bull.* 112:178-197. <https://doi.org/10.7755/FB.112.2-3.6>
- Csirke B. 1989. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Documento Técnico de Pesca No 192. Rome (Italy): FAO. 82 p.
- Dos Santos-Cardoso A, Barbosa-Santos N, Da Silva-de Almeida Z, Fortes RN, Cantanhêde LG. 2018. Biología reproductiva de la pescadilla real, *Macrodon ancylodon* (Perciformes, Sciaenidae), de la costa noreste de Brasil = Reproductive biology of King weakfish, *Macrodon ancylodon* (Perciformes, Sciaenidae) from the northeastern coast of Brazil. *Rev Biol Mar Oceanogr.* 53(1):95-104. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572018000100095>
- Engin S, Seyhan K. 2009. Age, growth, sexual maturity and food composition of *Sciaena umbra* in the south-eastern Black Sea, Turkey. *J Appl Ichthyol.* 25(1):96-99. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01173.x>
- Espino-Barr E, Cruz-Romero M, García-Boa A. 2003. Peces marinos con valor comercial de la costa de Colima, México. Colima (Mexico): Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera. 106 p.
- Espino-Barr E, Cabral-Solis EG, García-Boa A, Puentes-Gómez M. 2004. Especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México. Manzanillo (Mexico): Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera. 145 p.
- Espino-Barr E, González-Vega A, Santana-Hernández H, González-Vega H. 2008. Manual de biología pesquera. Nayarit (Mexico): Instituto Nacional de Pesca, Universidad de Nayarit. 131 p.
- FAO. 1995. Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca: Pacífico Centro-Oriental. Vol. 2. Rome (Italy): FAO. 1813 p.

- Fennessy ST. 2000. Aspects of the biology of four species of Sciaenidae from the east coast of South Africa. *Est Coast Shelf Sci.* 50(2):259-269.
<https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0560>
- Fisher RA. 1930. The genetical theory of natural selection. Oxford (UK): Clarendon Press. 272 p.
- Froese R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish Fish.* 5(1):86-91.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2004.00144.x>
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J Appl Ichthyol.* 22(4):241-253.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Gómez-Vanega HD, Espino-Barr E, López-Urriarte E. 2021. Ichthyofauna composition (Actinopterygii: Teleostei) caught by Jalisco's small-scale fisheries in the Mexican Central Pacific coast. *Lat Am J Aquat Res.* 49(5):788-803.
<http://dx.doi.org/10.3856/vol49-issue5-fulltext-2712>
- González P, Oyarzún C. 2002. Biological index variability in *Pinguipes chilensis* Valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): are they correlated? = Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipes chilensis*, Valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): ¿están realmente correlacionados? *Gayana.* 66(2):249-253.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382002000200023>
- Grau A, Linde M, Grau AM. 2009. Reproductive biology of the vulnerable species *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae). *Sci Mar.* 73(1):67-81.
<https://doi.org/10.3989/scimar.2009.73n1067>
- Grier HJ. 1981. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *Am Zool.* 21(2):345-357.
<https://doi.org/10.1093/icb/21.2.345>
- Grier HJ, Uribe-Aranzábal MC, Patiño R. 2009. The ovary, folliculogenesis, and oogenesis in teleosts. In: Jamieson BGM (ed.), *Reproductive Biology and Phylogeny of Fishes (Agnathans and Bony fishes)*. Queensland (Australia): Science Publishers. p. 25-84.
- Jiménez MT, Rodríguez-Rúa A, Sánchez R, Cárdenas S. 2007. Atlas de desarrollo de la corvina *Argyrosomus regius* (Pisces: Sciaenidae) durante su primer mes de vida. *Rev Electr Vet.* 8(1):1-37.
- Kunz YW. 2004. Developmental biology of teleost fishes. Dublin (Ireland): Springer Science + Business Media Dordrecht.
- Kyu-Lim H, Hoang-Le M, Min-An Ch, Yeon-Kim S, Seon-Park M, Jin-Chang Y. 2010. Reproductive cycle of yellow croaker *Larimichthys polyactis* in southern waters off Korea. *Fish Sci.* 76:971-980.
<https://doi.org/10.1007/s12562-010-0288-5>
- Lagardère JP, Mariani A. 2006. Spawning sounds in meagre *Argyrosomus regius* recorded in the Gironde estuary, France. *J Appl Ichthyol.* 69(6):1697-1708.
<https://doi.org/10.1111/J.1095-8649.2006.01237.X>
- Lucano-Ramírez G, Ruiz-Ramírez S, González-Sansón G, Ceballos-Vázquez BP. 2014. Reproductive biology of the yellow snapper, *Lutjanus argentiventris* (Pisces, Lutjanidae), from the Mexican central Pacific = Biología Reproductiva del pargo alazán, *Lutjanus argentiventris* (Pisces, Lutjanidae), en el Pacífico central mexicano. *Cienc Mar.* 40(1):33-44.
<https://doi.org/10.7773/cm.v40i1.2325>
- Lucano-Ramírez G, Villagrán-Santa Cruz M, Ruiz-Ramírez S, López-Murillo T. 2001a. Histology of the oocytes of *Lutjanus peru* (Nichols and Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae) = Histología de los ovocitos de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae). *Cienc Mar.* 27(3):335-349.
<https://doi.org/10.7773/cm.v27i3.493>
- Lucano-Ramírez G, Villagrán-Santa Cruz M, Ruiz-Ramírez S. 2001b. Cambios estructurales en las gónadas de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae), en la costa sur de Jalisco, México. *Bol Centro Invest Biol.* 35(3):295-316.
- Mendo J, Samame M. 1988. Análisis biológico-pesquero y poblacional de la cachema (*Cynoscion analis*) del área de Paita, Perú. *Bol Inst Mar Perú.* 12:27-57.
- Miller EF, Goldberg S, Nuñez J, Burkes N, Kuratomi J. 2009. The reproductive biology of two common surfzone associated Sciaenids, Yellowfin Croaker (*Umbrina roncadore*) and Spotfin Croaker (*Roncadore stearnsii*), from Southern California. *Bull South Calif Acad Sci.* 108(3):152-159.
<https://doi.org/10.3160/0038-3872-108.3.152>
- Nakamura EL. 1981. Sciaenid resources in the Gulf of México. In: Henry C, Carlton FE (eds.), *Sixth Annual Marine Recreational Fisheries Symposium*. Houston (TX). p. 29-39.
- Nikolsky GV. 1963. The ecology of fish. New York: Academic Press. 352 p.
- Palazón-Fernández JL. 2007. Reproduction of the white grunt, *Haemulon plumieri* (Lacépède, 1802) (Pisces: Haemulidae) from Margarita Island, Venezuela. *Sci Mar.* 71(3):429-440.
<https://doi.org/10.3989/scimar.2007.71n3429>
- Parenti P. 2020. An annotated checklist of fishes of the family Sciaenidae. *J Anim Divers.* 2(1):1-92.
<https://doi.org/10.29252/JAD.2020.2.1.1>
- Prista N, Gordo L, Costa JL, Costa MJ, Jones C. 2014. Reproductive phase determination in male meagre (*Argyrosomus regius*, Sciaenidae): testis developmental histologic corroboration of a gross anatomical scale. *Sci Mar.* 78(1):65-80.
<https://doi.org/10.3989/scimar.03837.31A>
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull Fish Res Board Can.* 191:1-382.
- Robertson DR, Allen GR. 2015. Shorefishes of the tropical Eastern Pacific online information system. Version 2.0. Balboa (Panama): Smithsonian Tropical Research Institute.
- Rojo-Vázquez J, Aguilar-Palomino B, Galván-Piña VH, Godínez-Domínguez E, Hernández-Vázquez S, Ruiz-Ramírez S, Lucano-Ramírez G. 2001. Ictiofauna de la pesquería ribereña en Bahía de Navidad, Jalisco, México, asociada al evento El Niño 1997-1998. *Rev Biol Trop.* 49(3-4):915-929.
- Rojo-Vázquez JA, Quiñonez-Velázquez C, Echavarría-Heras HA, Lucano-Ramírez G, Godínez-Domínguez E, Ruiz-Ramírez S, Galván-Piña VH, Sosa-Nishizaki O. 2008. The fish species composition and variation of catch from the small-scale gillnet fishery before, during and after the 1997-1998 ENSO event, central Mexican Pacific. *Rev Biol Trop.* 56(1):133-152.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v56i1.5513>
- Sadovy Y, Shapiro DY. 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia.* 1987(1):136-156.
<https://doi.org/10.2307/1446046>
- Sánchez-Cárdenas R, Ceballos-Vázquez BP, Arellano-Martínez M, Valdez-Pineda MC, Morán-Angulo RE. 2007. Reproductive aspects of *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontiformes, Tetraodontidae) inhabiting the Mazatlan coast, Sinaloa, Mexico = Aspectos reproductivos de *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontiformes, Tetraodontidae) en la costa de Mazatlán, Sinaloa, México. *Rev Biol Mar Oceanogr.* 42(3):385-392.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572007000300018>
- Sandoval-Ramírez A, Cerdaneres-Ladrón de Guevara G, Rojas-Herrera AA, Violante-González J, García-Ibáñez S, Hernández-Gómez JC. 2020. Estado de explotación y problemática de la pesca de escama marina en Acapulco, Guerrero, México. *Cien Pesq.* 28:17-29.
- Silberschneider V, Gray CA. 2008. Synopsis of biological, fisheries and aquaculture-related information on mulloway *Argyrosomus japonicus* (Pisces: Sciaenidae), with particular reference to Australia. *J Appl Ichthyol.* 24(1):7-17.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00913.x>

- Statsoft. 2006. Statistica (data analysis software system) v. 7.1. <https://www.statsoft.com> 1 CD-ROM.
- Torres-Castro L, Santos-Martínez A, Acero AP. 1999. Reproducción de *Bairdiella ronchus* (Pisces: Sciaenidae) en la Ciénega Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Rev Biol Trop*. 47(3):553-560. <https://doi.org/10.15517/rbt.v47i3.19205>
- Ueng JP, Huang BQ, Mok HK. 2007. Sexual differences in the spawning sounds of the Japanese croaker *Argyrosomus japonicus* (Sciaenidae). *Zool Stud*. 46:102-110.
- Uribe MC, Grier HJ, Parenti LR. 2018. Testicular structure and spermatogenesis of the oviparous goodeids *Crenichthys baileyi* (Gilbert, 1893) and *Empetrichthys latos* Miller, 1948 (Teleostei, Cyprinodontiformes). *J Morphol*. 279(12):1787-1797. <https://doi.org/10.1002/jmor.20901>
- Vizziano D, Forni F, Saona G, Norbis W. 2005. Reproduction of *Micropogonias furnieri* in a shallow temperate coastal lagoon in the southern Atlantic. *J Fish Biol*. 61(sA):196-206. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb01771.x>
- West G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust J Mar Freshw Res*. 41(2):199-222. <https://doi.org/10.1071/MF9900199>
- Wilson CA, Nieland DL. 1994. Reproductive biology of red drum, *Sciaenops ocellatus*, from the neritic waters of the northern Gulf of Mexico. *Fish Bull*. 92:841-850.
- Wootton RJ. 1990. Ecology of teleost fishes. Dordrecht (Netherlands). Springer. 404 p.
- Yamamoto K, Yamazaki M. 1961. Rhythm of development in the oocyte of the gold-fish, *Carassius auratus*. *Bull Fac Fish Nagasaki Univ*. 12:93-114.
- Zar JH. 2010. Biostatistical analysis. 5th ed. New Jersey (USA): Prentice Hall. 944 p.