

Research Article

Reproducción de *Carangoides vinctus* (Perciformes: Carangidae) en el Pacífico central mexicano

Gabriela Lucano-Ramírez¹, Estrella G. Rivera-Rios¹, Salvador Ruiz-Ramírez¹
Gaspar González-Sansón¹ & Alejandro Perez-Toledo¹

¹Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras
Universidad de Guadalajara, Jalisco, C.P. 48980 México

Corresponding author: Gabriela Lucano-Ramírez (lucanorg@costera.melaque.udg.mx)

RESUMEN. El presente estudio tiene como objetivo conocer algunos aspectos de la reproducción de *Carangoides vinctus*, una especie capturada por la pesquería artesanal en la costa sur de Jalisco. Las capturas se realizaron mensualmente con redes agalleras desde enero de 1998 a diciembre de 2008. El intervalo de longitud total de los ejemplares analizados fue de 17,0 a 41,2 cm; las hembras con promedio de 30,1 cm y los machos de 30,5 cm. La proporción sexual fue de 1,0:1,1 en machos y hembras, y no se diferenció significativamente de la esperada 1:1. Se utilizó una escala de cuatro estadios de madurez gonadal en ambos sexos (inmaduros, en desarrollo, capaz de reproducirse y post-evacuado o desovado). En los tres primeros estadios de desarrollo del ovario, se observó un septo que divide cada lóbulo. En el análisis de la ovogénesis se identificaron siete fases de desarrollo de los ovocitos, las cuales se desarrollaron de manera asincrónica dentro del ovario. Según las características microscópicas observadas en el testículo, se determinó un desarrollo de tipo lobular. Los valores máximos del índice gonadosomático, porcentaje de gónadas maduras y diámetro de los ovocitos, indican que *C. vinctus* presenta un período reproductivo de marzo a mayo. La longitud de madurez sexual (L_{50}) estimada fue de 26,04 cm para hembras y 23,77 cm para machos; estas longitudes son menores a las tallas promedio de captura en ambos sexos, lo que sugiere que gran parte de los organismos ya han alcanzado la madurez sexual al momento de ser capturados comercialmente.

Palabras clave: *Carangoides vinctus*, periodo reproductivo, talla de madurez, proporción sexual, Pacífico mexicano.

Reproduction of *Carangoides vinctus* (Perciformes: Carangidae) in the Mexican Central Pacific

ABSTRACT. This study aims to determine some aspects of the reproduction of *Carangoides vinctus*, a species caught by the artisanal fishery on the south coast of Jalisco. The captures were made monthly with gillnets from January 1998 to December 2008. The organisms had total length of 17.0 to 41.2 cm, with females averaging 30.1 cm and 30.5 cm males. The sex ratio was 1.0: 1.1 males per females, which is not significantly different from the expected 1:1. A gonadal maturity scale of four stages for both sexes (immature, developing, spawning capable and post-spawning or spent) was used. In the first three stages of the ovary's development, a septum dividing each lobe was present. In the analysis of oogenesis, seven oocyte development phases were identified and the oocytes developed asynchronously within the ovary. Based on the microscopic characteristics observed in the testis, it showed a lobular type development. The maximum values of the gonadosomatic index, the percentage of mature gonads and the oocyte diameter suggest that *C. vinctus* has a reproductive period from March to May. The length at sexual maturity (L_{50}) was estimated at 26.04 and 23.77 cm for females and males, respectively; these sizes are lower than the average catch size in both sexes, suggesting that organisms are caught commercially when they have reached sexual maturity.

Keywords: *Carangoides vinctus*, reproductive period, length at sexual maturity, sex ratio, Mexican Pacific.

INTRODUCCIÓN

La familia Carangidae presenta una gran diversidad de especies y habita aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico, son peces carnívoros que alcanzan tallas grandes y son de alta importancia económica (Allen & Robertson, 1994; Nelson, 2006). Muchas especies son objetivo de pesquerías; sin embargo, son escasos los trabajos que tienen relación con la biología, ecología o algún otro aspecto sobre estas especies.

Entre las especies de carángidos cuyas características reproductivas han sido investigadas, al menos parcialmente, están *Seriola dumerili* (Marino *et al.*, 1995), *Trachurus mediterraneus* (Viette *et al.*, 1997; Demirel & Yüksek, 2013), *T. ovatus* (Assem *et al.*, 2005), *Caranx crysos* (Sley *et al.*, 2012) para el Mar Mediterráneo; *Pseudocaranx dentex* (Guirao *et al.*, 2005; Afonso *et al.*, 2008) para las islas Canarias e islas Azores; y *Decapterus punctatus* (McBride *et al.*, 2002) para el golfo de México. En el Océano Índico se ha estudiado *Carangoides chrysophrys* en el mar Árabe (Al-Rasady *et al.*, 2012) y *Scomberoides lysan* en Sri Lanka (Thulasitha & Sivashanthini, 2013a, 2013b). En el Océano Pacífico se ha estudiado *Caranx caballus* en bahía de Navidad, México, *Chloroscombrus orqueta* y *Selene peruviana* en el golfo de Tehuantepec, Oaxaca y Chiapas, México (Tapia-García, 1997); *Caranx hippos*, *C. latus*, *Chloroscombrus chrysurus* y *Oligoplites saurus* en el Caribe Colombiano (Ospina-Arango *et al.*, 2008; Caiafa *et al.*, 2011); *Trachurus murphyi* en Perú (Perea *et al.*, 2013; Sánchez *et al.*, 2013) y Chile (Leal *et al.*, 2013).

En la búsqueda bibliográfica, no se encontraron referencias sobre aspectos reproductivos de *Carangoides vinctus* (Jordan & Gilbert, 1882). Esta especie solo se ha mencionado en aspectos pesqueros (Rojo-Vázquez & Ramírez-Rodríguez, 1997; Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón, 2011), listados faunísticos (Lucano-Ramírez *et al.*, 2001a) y relación talla-peso (Rojo-Vázquez *et al.*, 2009). Esta especie, conocida comúnmente como jurel de castilla o jurel rayado, se distribuye desde Baja California Sur y Golfo de California, México, hasta Perú. En México, es una especie que se ha reportado en localidades continentales como Sinaloa, Oaxaca y Chiapas (Castro-Aguirre *et al.*, 1999), Jalisco (Rojo-Vázquez & Ramírez-Rodríguez, 1997; Lucano-Ramírez *et al.*, 2001a) y es considerada abundante en la costa de Colima (Chávez-Comparan *et al.*, 2008).

Para la biología reproductiva y proporcionar subsidios para el manejo y conservación de este importante recurso pesquero, el presente trabajo tiene como objetivos conocer la distribución de tallas de ambos sexos, proporción sexual, características microscópicas de las gónadas, variación temporal del

índice gonadosomático, factor de condición, diámetro promedio de los ovocitos y estimar la talla promedio de madurez gonadal en *Carangoides vinctus* en una región del Pacífico central mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza al sur de la costa de Jalisco, en el Pacífico central mexicano, entre 19°10'30"-19°12'50"N y 104°42'45"-104°41'30"W. En esta región se pueden encontrar sustratos con fondos rocosos, fondos blandos y fondos blandos con rocas pequeñas (Rojo-Vázquez & Ramírez-Rodríguez, 1997). Se realizaron muestreos mensuales durante cinco días consecutivos desde enero de 1998 a diciembre de 2008 (excepto entre febrero y octubre 2001). Los organismos analizados provinieron de la pesca comercial, capturados con redes agalleras de 3; 3,5; 4 y 4,5 pulgadas. En cada ejemplar se midió la longitud total (Lt) ($\pm 0,1$ cm), peso total (Pt) ($\pm 0,1$ g) y se le extrajeron las gónadas a las cuales se les asignó el grado de madurez correspondiente (Everson *et al.*, 1989). En el laboratorio, se determinó el sexo de los ejemplares y las gónadas se pesaron (Pg) ($\pm 0,01$ g) y guardaron en formol neutro al 10% para su análisis histológico, el cual se realizó mediante deshidratación en alcohol, inclusión en paraplast, cortes de 6 μ m de grosor y tinción con hematoxilina-eosina. La asignación de las fases de desarrollo de los ovocitos se basó en las características descritas por Yamamoto & Yamazaki (1961); Lucano-Ramírez *et al.* (2001b); Brown-Peterson *et al.* (2011) y Lowerre-Barbieri *et al.* (2011). Para determinar el desarrollo del testículo se consideraron los trabajos de Hyder (1969), Lucano-Ramírez *et al.* (2001a), Brown-Peterson *et al.* (2011) y Lowerre-Barbieri *et al.* (2011). Para el análisis mensual del diámetro de los ovocitos (DO), se tomaron cinco cortes histológicos de cada uno de los estadios macroscópicos obtenidos en los meses del año tipo. De cada corte se midieron 10 ovocitos de las distintas fases observadas, mediante una cámara digital AxioCam ERc5s (Zeiss), acoplada a un microscopio Axiostar Plus (Zeiss). Dichos diámetros resultaron del promedio entre el diámetro mayor y menor de cada ovocito; solo se midieron los ovocitos donde se observó el núcleo (West, 1990).

La temporada reproductiva se determinó con tres métodos: en el primero se utilizó la escala morfocromática de Everson *et al.* (1989), considerando los mayores porcentajes de organismos en estadios de mayor maduración por mes. Para el segundo método, se utilizó el índice gonadosomático $IGS = \left[\frac{Pg}{Pt-Pg} \right] * 100$ que supone que los valores promedios máximos, indican la mayor madurez gonádica (Sánchez-Cárdenas

et al., 2011). El tercer método consistió en conocer la variación mensual del diámetro promedio de los ovocitos, suponiendo que a un mayor diámetro le corresponde mayor grado de maduración ovárica.

Se obtuvo el factor de condición relativo ($FC = \left(\frac{Pt}{Lt^{2,92}}\right) * 100$) como indicador del bienestar de la población, donde 2,92 = coeficiente de la relación longitud-peso ($Pt = a * Lt^b$). Además se calculó el factor de condición somático ($FCS = \left(\frac{Pt-Pg}{Lt^{2,92}}\right) * 100$) (Possamai & Fávoro, 2015).

Se analizó la variación mensual del IGS, FC y FCS por sexo. Además, se calculó la proporción sexual para la muestra total, por mes y clase de talla. Luego, se calculó la longitud a la cual el 50% de los individuos han alcanzado la madurez sexual (L_{50}), ajustando el porcentaje de organismos adultos (en desarrollo, capaz de reproducirse y desovados) en cada clase de talla (P_{Lt}) al modelo logístico, $P_{Lt} = \left[\frac{1}{1+e^{(bLt+a)}}\right] * 100$

El ajuste se realizó mediante una aproximación no lineal (algoritmo de Levenberg-Maquart).

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba de bondad de ajuste Chi cuadrado (χ^2) con corrección para continuidad de Yates (Zar, 2010) para determinar si la proporción de sexos difiere del valor esperado 1:1. Se calculó el valor promedio y error estándar mensual y se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para las variables IGS, FC y diámetro promedio de los ovocitos. Cuando se encontró diferencia significativa en el ANDEVA, se utilizó la prueba de contrastes múltiples de Student-Newman-Keuls (SNK). Se realizaron análisis de correlación no paramétrica por rangos de Spearman (r_s) entre el IGS y el FC de cada sexo, y entre el IGS de hembras y el diámetro promedio de ovocitos. En todos los análisis, el nivel de significancia fue de $\alpha = 0,05$; además todos los parámetros estudiados se analizaron mensualmente por la agrupación de todo el periodo de la muestra (todos los años).

RESULTADOS

Distribución de la longitud total

En total se capturaron 484 organismos, que presentaron un intervalo de tallas entre 17,0 y 41,2 cm de Lt, con un promedio de 30,1 ($\pm 0,16$) cm (Fig. 1). Las hembras y los machos presentaron longitudes promedio de 30,1 ($\pm 0,19$) cm y 30,5 ($\pm 0,24$) cm, respectivamente; el intervalo de longitud en hembras fue de 21,5 a 40,3 cm y en machos de 23,0 a 41,2 cm. Tres clases de longitudes centrales (28, 30 y 32 cm) presentaron las

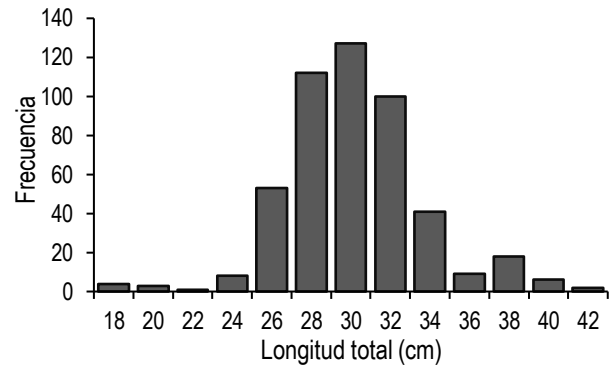


Figura 1. Distribución de las frecuencias de talla del total de organismos capturados de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano.

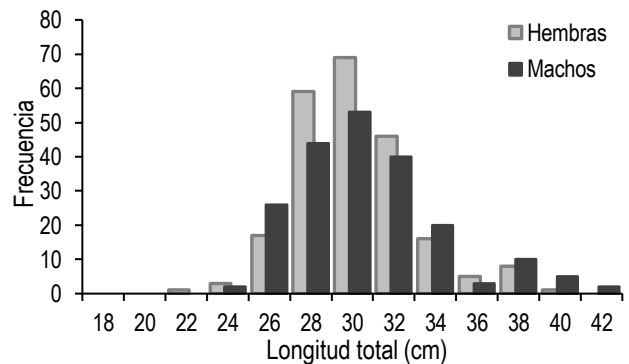


Figura 2. Distribución de las frecuencias de tallas de hembras y machos de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano.

mayores frecuencias (>40%), con ligero dominio de las hembras (Fig. 2).

Descripción microscópica de las gónadas

Los ovarios están envueltos por una túnica ovárica, que penetra en el ovario y lo divide en dos, formando un septo. Al interior se determinaron ovocitos en crecimiento primario ($56,3 \pm 1,9 \mu\text{m}$), que fueron los más abundantes en todos los estadios de madurez y que se identificaron principalmente en ovarios inmaduros. También se identificaron ovocitos con alvéolos corticales ($110,8 \pm 4,3 \mu\text{m}$), ovocitos en diferentes fases de la vitelogénesis, primaria ($185,7 \pm 3,8 \mu\text{m}$), secundaria ($270,0 \pm 5,9 \mu\text{m}$), terciaria ($257,6 \pm 7,6 \mu\text{m}$); y ovocitos con vesícula germinal en migración ($259,13 \pm 6,6 \mu\text{m}$). Por la variedad de fases de crecimiento de los ovocitos observados dentro de los ovarios capaces de reproducirse, se puede decir que el tipo de desarrollo es asincrónico (Fig. 3).

Los testículos están envueltos por la túnica albugínea, en su interior se identificaron lóbulos integrados por cistos, observándose células en diferentes fases de la espermatogénesis. En la parte central, se observó un

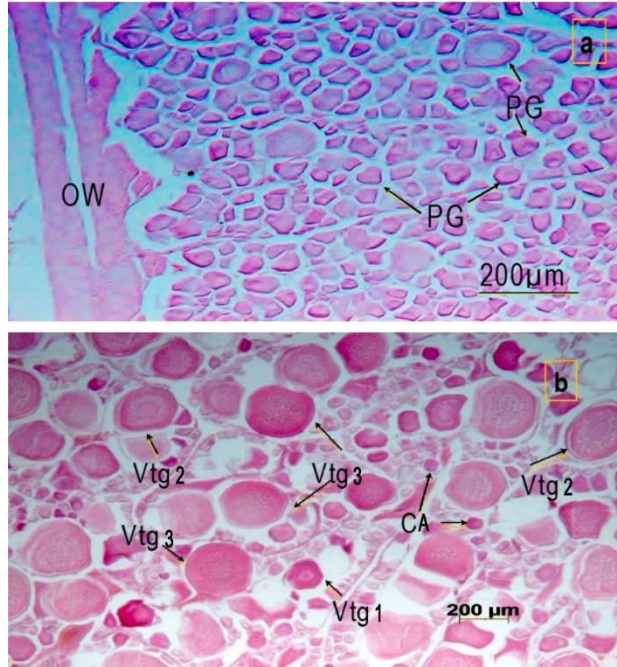


Figura 3. Corte transversal del ovario de *C. vinctus*. a) Ovario inmaduro con pared ovárica (OW) y ovocitos en crecimiento primario (PG) (5x), b) ovario capaz de reproducirse con ovocitos en alveolos corticales (CA), ovocitos en vitelogénesis primaria (Vtg1), vitelogénesis secundaria (Vtg2) y vitelogénesis terciaria (Vtg3) (2,5x).

conducto espermático formado por tejido intersticial, donde se concentraron los espermatozoides; el desarrollo de los testículos es de tipo lobular (Fig. 4).

Estadios de madurez gonádica

En las hembras el estadio capaz de reproducirse se presentó en varios meses con porcentajes importantes, los mayores ocurrieron en abril, mayo y julio; el estadio en desarrollo también se observó en varios meses aunque los mayores porcentajes se obtuvieron en marzo, agosto y septiembre. Los mayores porcentajes del estadio inmaduro se registraron en febrero, junio y octubre. Noviembre y diciembre presentaron los porcentajes más altos del estadio desovado (Fig. 5a).

En los machos el estadio capaz de reproducirse se presentó en varios meses y los mayores porcentajes se observaron en marzo y abril; en el estadio en desarrollo ocurrieron en marzo, agosto y septiembre; mientras que el estadio post-evacuado, ocurrieron en mayo, y de octubre a diciembre (Fig. 5b).

Relación factor de condición y factor de condición somático

Comparando los valores del factor de condición relativo (FC) y el factor de condición somático (FCS) de hembras y machos, se observó una variación tem-

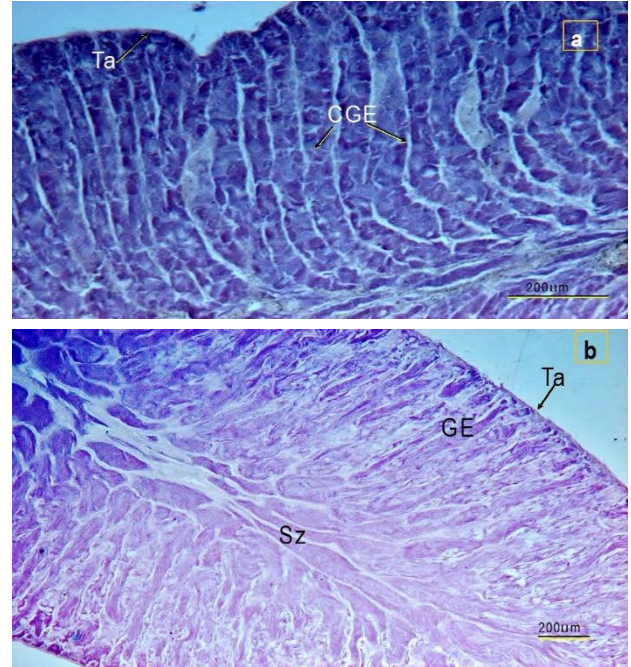


Figura 4. Corte transversal del testículo de *C. vinctus*. a) Testículo inmaduro con túnica albugínea (Ta) y epitelio germinal continuo (CGE) (5x), b) testículo capaz de reproducirse túnica albugínea (Ta), epitelio germinal tardío (GE) y espermatozoides (Sz) (2,5x).

poral muy parecida entre estos dos factores en ambos sexos, principalmente en marzo y abril, cuando se determinaron los mayores valores de índice gonadosomático (IGS) (Fig. 6).

Índice gonadosomático (IGS)

Los valores promedios máximos del IGS se encontraron en marzo, abril y mayo tanto en hembras como en machos, posteriormente se registró un máximo secundario en julio para las hembras y en septiembre para los machos (Fig. 7). El ANDEVA mostró diferencias significativas entre los valores mensuales promedio del IGS en hembras ($F_{11,213} = 8,56$, $P < 0,001$) y machos ($F_{11,193} = 10,24$, $P < 0,001$). La prueba de SNK en las hembras definió dos grupos con algunos traslajos, el primero y más bajo, incluye varios meses excepto octubre, y el segundo considera los valores mayores, marzo, abril y mayo (Tabla 1). En los machos se identificaron tres grupos con algunos traslajos; el primero y menor asoció varios meses y excluyó marzo y abril; el segundo incluyó enero, abril, mayo, septiembre y noviembre; y el tercer grupo con valores más altos estuvo conformado solo por marzo, abril y mayo (Tabla 1). Como podría esperarse, se encontró correlación temporal entre el IGS de hembras y machos.

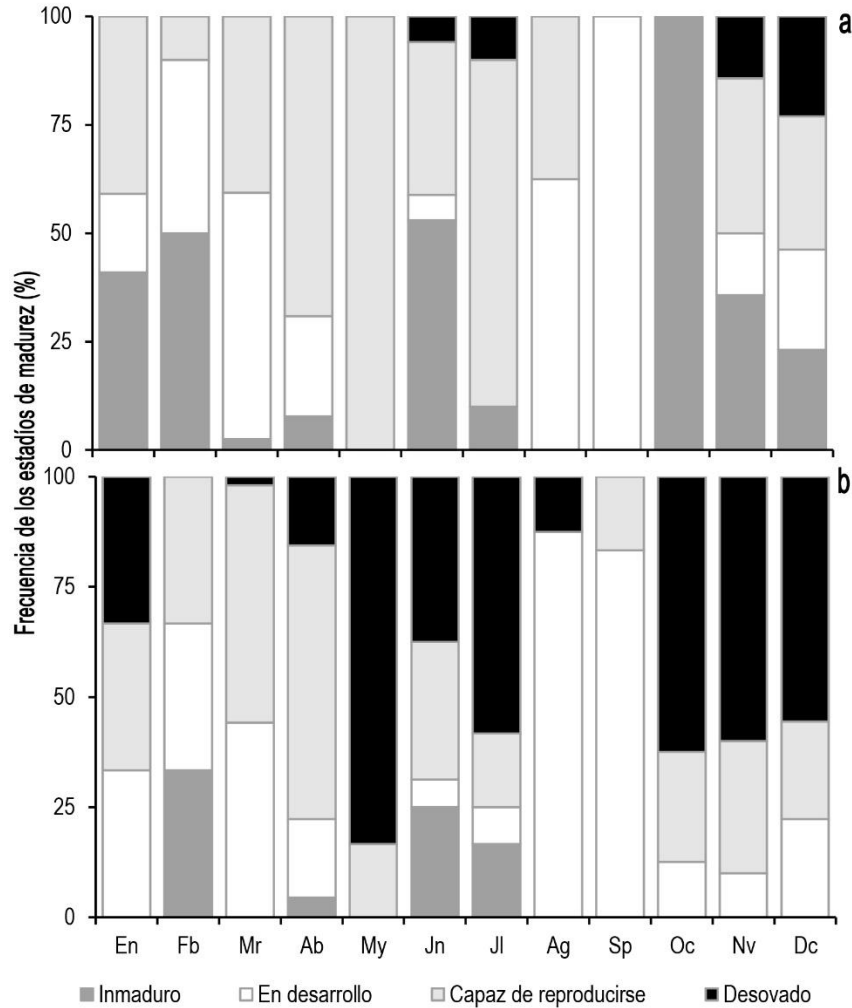


Figura 5. Frecuencia mensual de los estadios de madurez gonádica en hembras (a) y machos (b) de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano.

Factor de condición (FC)

En marzo y abril se determinaron los valores máximos del FC tanto en hembras como en machos y los mínimos se observaron en enero y febrero en ambos sexos (Fig. 8). El ANDEVA mostró diferencias significativas entre las medias mensuales del FC de hembras ($F_{11,213}=5,99$; $P < 0,001$) y machos ($F_{11,193}=4,07$; $P < 0,001$). No obstante, la prueba de SNK mostró un solo grupo en ambos sexos (Tabla 1). Se encontró correlación entre los valores promedios mensuales del FC de hembras y machos.

Variación conjunta entre el IGS y FC

Aunque se distingue que el IGS y FC en hembras presentaron cierta correspondencia temporal, no se encontró correlación significativa ($r_s = 0,531$; $P = 0,075$; $n = 12$), aunque estos valores fueron muy próximos a los valores críticos. Mientras que en machos, si se encontró correlación temporal entre los valores del IGS y FC ($r_s = 0,629$; $P = 0,028$; $n = 12$).

Diámetro de los ovocitos

La variación mensual del diámetro promedio de los ovocitos mostró diferencias estadísticas entre éstos ($F_{11,1068}=3,71$, $P < 0,001$). La prueba de contrastes múltiples identificó dos grupos (a y b) con traslajos en algunos meses; el grupo (a) con el menor diámetro incluyó enero, febrero y septiembre, mientras que el mayor diámetro (b) incluyó abril y mayo, los meses restantes tienen valores promedio intermedios que no difieren de los dos grupos previos (a y b; Tabla 1). El análisis de correlación no paramétrico mensual entre el diámetro promedio de ovocitos e IGS, encontró correlación entre éstos, ya que los valores altos de ambos se presentaron en los mismos meses (Fig. 9).

Proporción sexual

De todos los ejemplares analizados 225 fueron hembras (H), 205 machos (M) y a 54 no se les identificó el sexo. La proporción sexual para el total de ejemplares fue de

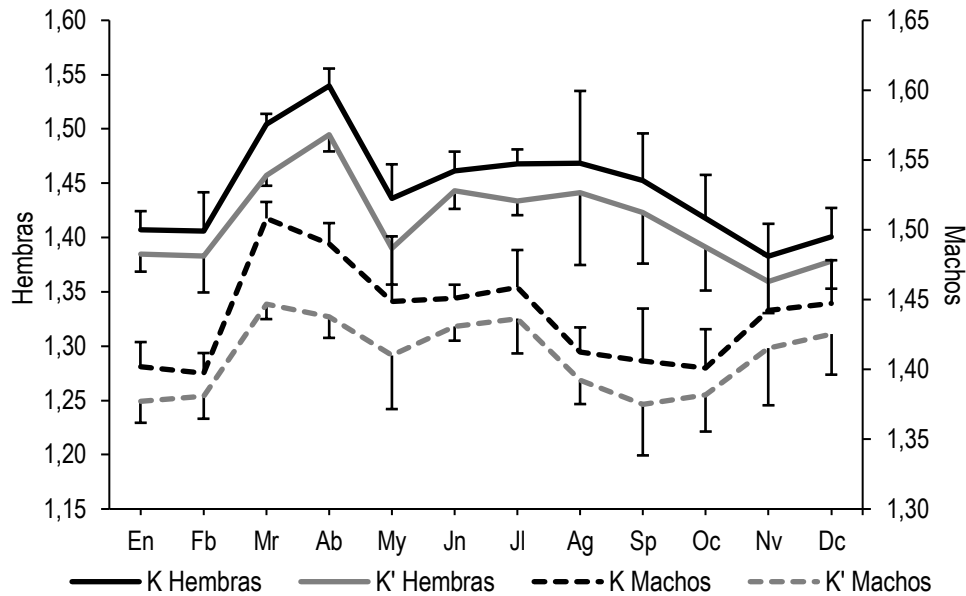


Figura 6. Variación mensual (\pm error estándar) del factor de condición (K) y el factor de condición somático (K') de hembras y machos de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano.

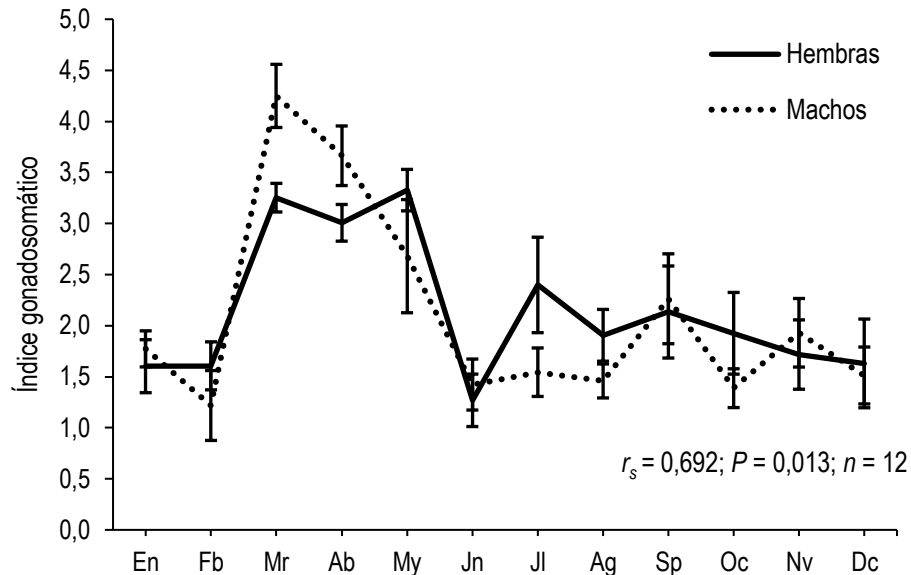


Figura 7. Promedio mensual (\pm error estándar) del índice gonadosomático para hembras y machos de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano.

1,1:1,0 (H:M), la cual no difiere significativamente de la proporción esperada 1:1 ($\chi^2 = 0,71$; $P = 0,40$). En la mayoría de los meses (diez) no se observó diferencia estadística significativa en la proporción de sexos (con excepción de marzo y octubre) (Tabla 2).

Talla de madurez sexual (L_{50})

La hembra y el macho de menor longitud con gónadas maduras fueron de 24,1 y de 24,0 cm Lt, respectivamente. En contraparte, la hembra y el macho más grande con gónadas inmaduras presentaron 38,5 y 30,0

cm, respectivamente. El 50% de las hembras alcanzó la madurez sexual a 26,04 cm y los machos a 23,77 cm (Fig. 10).

DISCUSIÓN

La distribución de longitudes es de gran relevancia en el contexto del manejo de las pesquerías, ya que permite conocer la composición de la población que habita en un área determinada y analizar sus cambios en función de la explotación. En este trabajo, los individuos de *C.*

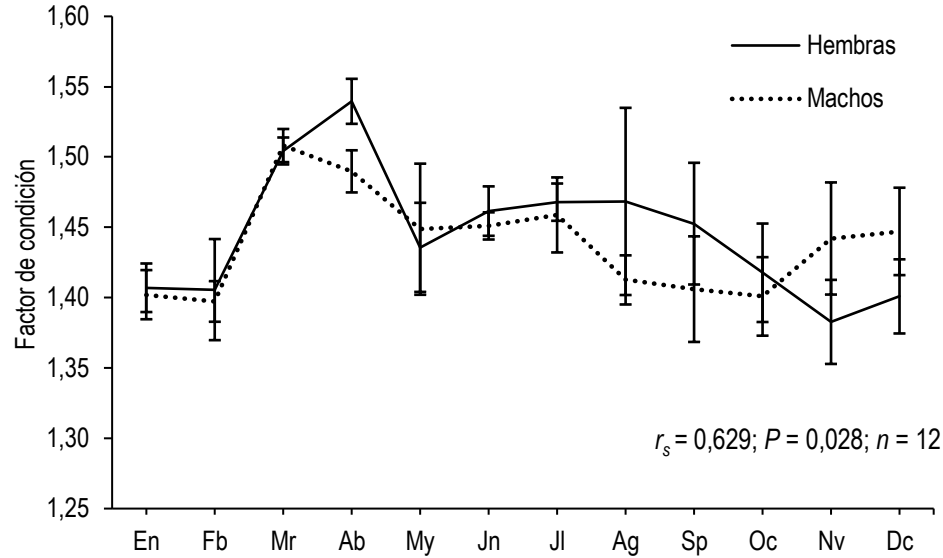


Figura 8. Promedio mensual (\pm error estándar) del factor de condición relativo para hembras y machos de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano.

Tabla 1. Valores promedio mensuales y resultados de los contrastes de la prueba de Student-Newman-Keuls, del índice gonadosomático (IGS), factor de condición relativo (FC), diámetro de ovocito (DO) de hembras (H) y machos (M). En cada columna los valores promedio que no tienen la misma letra son significativamente diferentes.

	IGS (H)	IGS (M)	FC (H)	FC (M)	DO
Enero	1,60 ^{ab}	1,77 ^{ab}	1,41 ^a	1,40 ^a	101 ^a
Febrero	1,61 ^{ab}	1,22 ^a	1,41 ^a	1,40 ^a	104 ^a
Marzo	3,25 ^a	4,25 ^c	1,50 ^a	1,51 ^a	146 ^{ab}
Abril	3,01 ^a	3,66 ^{bc}	1,54 ^a	1,49 ^a	153 ^b
Mayo	3,33 ^a	2,68 ^{abc}	1,44 ^a	1,45 ^a	152 ^b
Junio	1,26 ^{ab}	1,42 ^a	1,46 ^a	1,45 ^a	131 ^{ab}
Julio	2,40 ^{ab}	1,54 ^a	1,47 ^a	1,46 ^a	124 ^{ab}
Agosto	1,91 ^{ab}	1,46 ^a	1,47 ^a	1,41 ^a	124 ^{ab}
Septiembre	2,13 ^{ab}	2,26 ^{ab}	1,45 ^a	1,41 ^a	103 ^a
Octubre	0,69 ^b	1,39 ^a	1,53 ^a	1,40 ^a	129 ^{ab}
Noviembre	1,72 ^{ab}	1,93 ^{ab}	1,38 ^a	1,44 ^a	119 ^{ab}
Diciembre	1,63 ^{ab}	1,51 ^a	1,40 ^a	1,45 ^a	123 ^{ab}

vinctus presentaron un intervalo de tallas entre 17,0 y 41,2 cm Lt, con un valor promedio de 30,1 cm Lt. Este intervalo es muy similar al observado por Rojo-Vázquez *et al.* (2009) en la misma zona de estudio (16,0 a 41,2 cm). Sin embargo, el promedio obtenido en el presente trabajo, fue menor a los registrados en Allen & Robertson (1994) (35 cm), Chávez-Comparan *et al.* (2008) (37cm) y Froese & Pauly (2011) (37 cm). La diferencia entre los estudios se puede deber a las características de los muestreos realizados: tamaño de

Tabla 2. Proporción sexual total y mensual de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano.

	Hembras	Machos	Proporción sexual	χ^2	P
Enero	22	24	1:0,9	0,09	0,76
Febrero	10	9	1:1,1	0,05	0,82
Marzo	81	52	1:1,6	6,32	0,01
Abril	39	45	1:0,9	0,43	0,51
Mayo	5	6	1:0,8	0,09	0,76
Junio	17	16	1:1,1	0,03	0,86
Julio	10	12	1:0,8	0,18	0,67
Agosto	8	8	1:1,0	0,00	0,97
Septiembre	5	6	1:0,8	0,09	0,76
Octubre	1	8	1:0,1	5,44	0,02
Noviembre	14	10	1:1,4	0,67	0,41
Diciembre	13	9	1:1,4	0,73	0,39
Total	225	205	1:1,1	0,93	0,33

muestra, esfuerzo de muestreo y arte de pesca, entre otros.

Varios trabajos realizados en diferentes especies de peces de las aguas mexicanas analizan aspectos microscópicos del ovario (Lucano-Ramírez *et al.*, 2012, 2014; Ruiz-Ramírez *et al.*, 2012), pero son pocos los estudios en el grupo de los carángidos que describen las características de los ovocitos; en estos, se mencionan en total entre seis y nueve fases de ovocitos identificadas. En este trabajo, se identificaron seis fases de ovocitos (con crecimiento primario hasta ovocitos con la vesícula germinal en migración). Para *Pseudocaranx dentex*, Guirao *et al.* (2005) mencionan seis fases (ovo

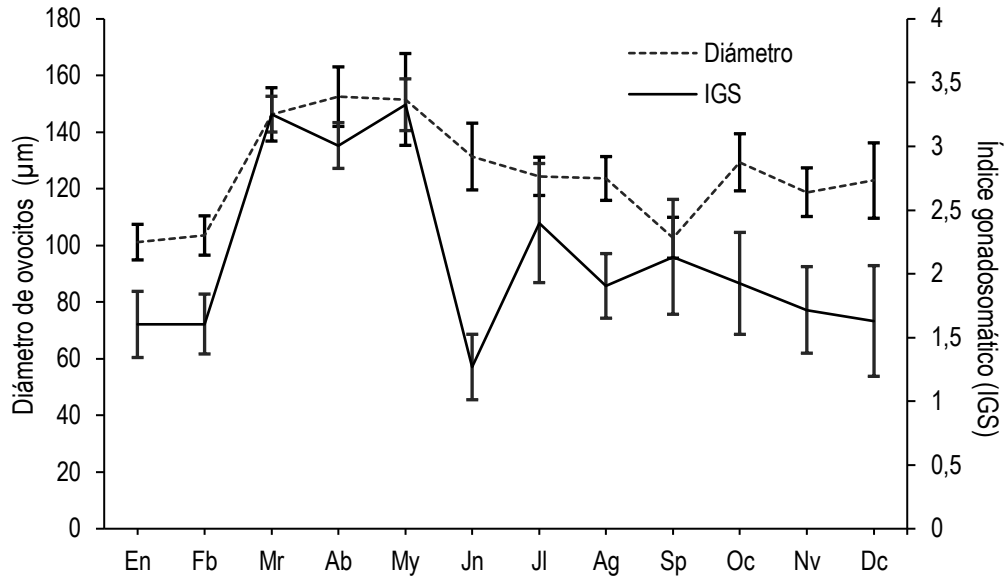


Figura 9. Promedio mensual (\pm error estándar) del diámetro de los ovocitos e índice gonadosomático de de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano.

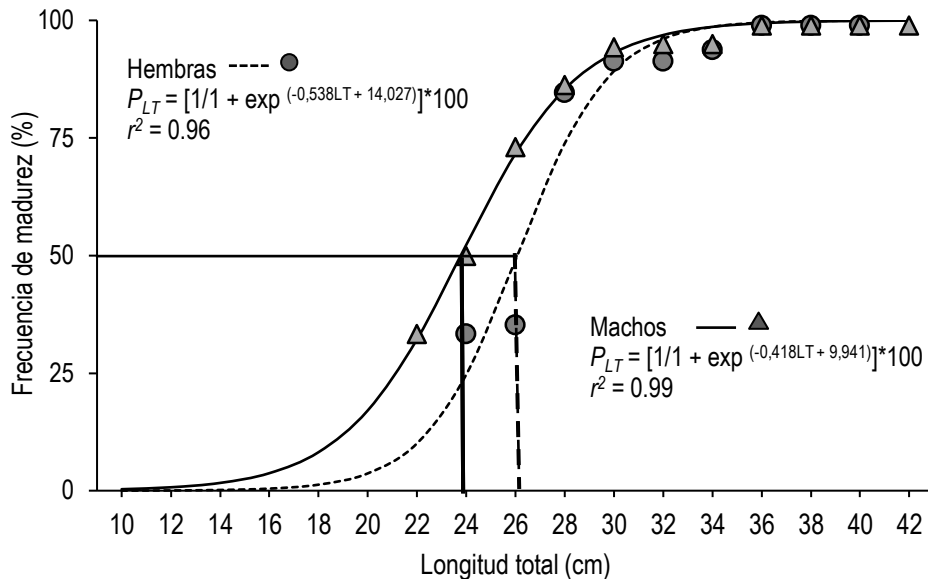


Figura 10. Porcentaje acumulado de individuos con gónadas maduras en hembras y machos de *Carangoides vinctus* en el Pacífico central mexicano. Las líneas verticales indican el valor de L_{50} para cada sexo.

gonias, cromatina nucleolar, glóbulos lipídicos, gránulos de vitelo, gránulos fusionados y atrésicos), aunque estos autores no describen con detalle el desarrollo de los ovocitos. En *Trachurus murphyi* se observaron cinco fases de ovocitos (inmaduros, ovocitos en previtelogénesis, ovocitos en vitelogénesis, ovocitos maduros y ovocitos hidratados) (Sánchez *et al.*, 2013). En *Scomberoides lysan*, se identificaron ocho fases del desarrollo de ovocitos (cromatina nucleolar, perinucleolar, alveolo cortical, ovocitos previtelogénicos, ovocitos glóbulos de vitelo, ovocito

con vitelo avanzada, ovocito núcleo migratorio y ovocitos hidratados) (Thulasitha & Sivashanthini, 2013a).

C. vinctus presenta un ovario donde los ovocitos se desarrollan en forma asincrónica (*sensu* Yamamoto & Yamasaki, 1961), ya que en los ovarios con capacidad reproductiva presentan una amplia gama de crecimiento de los ovocitos (Brown-Peterson *et al.*, 2011; Lowerre-Barbieri *et al.*, 2011), donde se identificaron hasta seis fases de ovocitos. Este mismo tipo de desarrollo también se encontró en otro carángido,

Trachurus mediterraneus (Demirel & Yükses, 2013). En contraste, para *Seriola dumerilii* que pertenece a la misma familia, los autores mencionan que la especie presentó ovocitos con desarrollo sincrónico por grupo, al observar más de un grupo de ovocitos (Marino *et al.*, 1995). Se ha encontrado variación en el patrón de desarrollo de los ovocitos incluso dentro una misma especie, es el caso de *Mugil curema*; para esta especie se identificaron dos grupos de ovocitos, en el sur del Atlántico (Albieri *et al.*, 2010), mientras que para el Caribe se encontraron tres grupos de ovocitos (Solomon & Rammarine, 2007).

Microscópicamente, el testículo es de tipo lobular, está organizado por lóbulos que se encuentran separados por tejido conectivo, dentro de cada lóbulo se puede identificar cistos donde se realiza el proceso de la espermatogénesis, y todas las células se encuentran sincronizadas, por lo que se observan en la misma fase de desarrollo. Al alcanzar las células la fase de espermatozoide, el cisto se rompe, liberándolos y reagrupándolos en el conducto espermático (Billard, 1986; Lucano-Ramírez *et al.*, 2014). En *C. vinctus* se observaron lóbulos con cistos en su interior y el conducto principal con espermatozoides en la fase de maduración. Lo mismo se registró en dos especies de la misma familia por Leal *et al.* (2013), quienes señalan que las células espermáticas se encuentran dentro de los lóbulos testiculares en *Trachurus murphyi* y por Thulasitha & Sivashanthini (2013a), que aunque no describen en detalle el tipo de desarrollo de las células del testículo de *Scomberoides lysan*, mencionan que las criptas de espermatozoides se limitan a la región más externa de cada lóbulo.

La observación macroscópica de los cambios en el desarrollo de las gónadas es un método válido para definir un ciclo reproductivo en peces (Karlou-Riga & Economidis, 1997) ya que la presencia de gónadas maduras, es un indicador de la temporada de reproducción (West, 1990). En *C. vinctus*, se observaron gónadas maduras durante todo el período de estudio, pero los mayores porcentajes se presentaron en marzo y abril, tanto en hembras como en machos.

Varios autores han utilizado el índice gonadosomático (IGS) para establecer el período reproductivo en diferentes especies de peces (Lucano-Ramírez *et al.*, 2012; Ruiz-Ramírez *et al.*, 2012; Lucano-Ramírez *et al.*, 2014), así como en especies de carángidos (Tapia-García, 1997; Viette *et al.*, 1997; Assem *et al.*, 2005; Guirao *et al.*, 2005; Al-Rasady *et al.*, 2012; Sley *et al.*, 2012; Leal *et al.*, 2013; Perea *et al.*, 2013). Htun-Han (1978), menciona que la mayor actividad reproductiva está asociada con valores altos de este índice, mientras que valores mínimos estarían relacionados con épocas de reposo gonadal.

En este trabajo, los valores máximos del IGS de las hembras se presentaron de marzo a mayo y de los machos en marzo y abril, lo que sugiere que el proceso de maduración de las gónadas es simultáneo en ambos sexos. Además, en este periodo también se registraron los mayores porcentajes de gónadas maduras en ambos sexos, por lo que el periodo reproductivo se ubicaría en estos meses. Se ha reportado para dos especies de la misma familia, *Trachurus mediterraneus* (Viette *et al.*, 1997) y *T. ovatus* (Assem *et al.*, 2005), una estación reproductiva corta similar a *C. vinctus*. Para otras dos especies de la misma familia, se ha observado un período de desove más amplio, en *C. chrysophrys* se extiende de septiembre a febrero (Al-Rasady *et al.*, 2012) y *T. murphyi* presentó máximos de septiembre a diciembre (Perea *et al.*, 2013). Las diferencias en la amplitud del periodo reproductivo se deberían a la adaptación de cada especie en respuesta a las variaciones ambientales locales (Kaiser, 1973).

El factor de condición (FC), explica el estado nutricional general de los organismos en relación con el cambio de corpulencia, crecimiento y madurez sexual, y depende de la edad, sexo, temporada, tipo de alimento consumido, cantidad de reservas de grasa y grado de desarrollo muscular (Rodríguez-Gutiérrez, 1992; Barnham & Baxter, 1998). En *C. vinctus* ambos sexos presentaron los máximos del FC en marzo y abril (periodo de reproducción) y su variación mensual presentó diferencias significativas en ambos sexos, en cambio, para *C. chrysophrys* la variación mensual del FC no mostró diferencias significativas (Al-Rasady *et al.*, 2012).

Se ha observado que en algunas especies de peces el IGS se relaciona de forma inversa con el FC, es decir, valores altos del IGS, se asocian con valores bajos del FC o viceversa. Esto se debería principalmente al gasto de energía utilizado en el proceso reproductivo o a la alternancia entre períodos de acumulación de reservas de energía y períodos de agotamiento debido a la reproducción. También se ha observado un mayor gasto energético para la formación de la gónada en hembras que en machos (West, 1990; King, 1995; González & Oyarzún, 2002; Guirao *et al.*, 2005). Aunque en algunas especies esto es claro, no es una regla general, y se pueden encontrar variaciones en la relación entre el IGS y el FC. En el presente trabajo se observó una relación directa entre estos dos índices, y lo mismo se ha encontrado en *Brycon amazonicus* (Arias *et al.*, 2006), *Girardinichthys multiradiatus* (Cruz-Gómez *et al.*, 2010) y *Rastrelliger kanagurfa* (Rahman & Hafzath, 2012). Una probable explicación de la coincidencia temporal del IGS y FC en *C. vinctus* (este trabajo), puede sustentarse en que en la región ocurren periodos de intensas surgencias (febrero-mayo;

Ambriz-Arreola *et al.*, 2012), con un doble beneficio para los adultos y la progenie, debido a la mayor disponibilidad trófica.

La proporción sexual es un elemento importante en el análisis de la estructura poblacional; que puede cambiar considerablemente entre especies y entre poblaciones (Nikolsky, 1963). Para *C. vinctus* se obtuvo una la proporción cercana al equilibrio, tanto en el análisis mensual como por clase de longitud. Esta misma tendencia se ha encontrado en varias especies de la familia Carangidae, como *Pseudocaranx dentex* (Afonso *et al.*, 2008), *Gnathamodon speciosus* y *C. bajad* (Grancourt *et al.*, 2004), *Trachurus trachurus* (Eltink, 1991; Karlou-Riga & Economidis, 1996; Abaunza *et al.*, 2003); mientras que en *C. crysos* (Sley *et al.*, 2012) y *Atule mate* (Clarke, 1996) los machos dominaron sobre las hembras. Sin embargo, Ospina-Arango *et al.* (2008) registraron más hembras que machos en *Oligoplites saurus*.

Además, se ha observado que en *C. vinctus*, los machos alcanzaron la madurez sexual antes (23,77 cm) que las hembras (26,04 cm), esto también se observó en *C. crysos* (Sley *et al.*, 2012) ya que a los 24,59 y 25,98 cm machos y hembras, respectivamente, alcanzaron la madurez sexual. Esto se debería a que las hembras necesitan más energía para la formación y madurez del ovario y demoran más en madurar. El hecho que los machos maduren antes que las hembras, también se ha reportado para otros peces tropicales como *A. interruptus* (Ruiz-Ramírez *et al.*, 2012), *L. inermis* (Lucano-Ramírez *et al.*, 2012) y *L. argentiventris* (Lucano-Ramírez *et al.*, 2014).

La talla de madurez gonadal puede variar entre especies, y entre una misma especie en diferentes ambientes (Saborido-Rey, 2008). Grimes (1987) mencionó que las especies de la familia Lutjanidae alcanzan la madurez sexual entre el 40 y 50% de la longitud máxima. En este estudio las hembras de *C. vinctus* alcanzaron la madurez sexual entre el 55 y 65% de su longitud máxima. Estos porcentajes son similares a los encontrados en los carángidos *Carangoides chrysophrys*, *C. hippos* y *Seriola dumerilii* donde se ha observado una tendencia a madurar sexualmente cuando la longitud está entre 50 y 70% de longitud máxima (Marino *et al.*, 1995; Caiafa *et al.*, 2011; Al-Rasady *et al.*, 2012). Por el contrario, en otras especies de esta familia como *Caranx crysos*, *Pseudocaranx dentex*, *Trachurus mediterraneus* y *T. murphyi* la madurez se ha alcanzado cuando los individuos miden entre 20 y 40% de su longitud máxima (Afonso *et al.*, 2008; Sley *et al.*, 2012; Demirel & Yükses, 2013; Leal *et al.*, 2013).

También, como las tallas promedio de madurez sexual son menores que las tallas promedio de captura

en los dos sexos, permite suponer que más del 50% de los individuos capturados de *C. vinctus* habrían tenido al menos un evento reproductivo.

C. vinctus es una especie que se comercializa en la región, si bien no es muy abundante y carece del estigma de otras especies de primera calidad, es un hecho que se ha venido aprovechando en la región, y hasta el momento no se cuenta con información básica de su biología y en consecuencia el estado de su explotación. Este trabajo es el primero en abordar aspectos de la biología reproductiva de *C. vinctus*, que de manera conjunta con información pendiente de obtener sobre la fecundidad, edad, crecimiento y dinámica poblacional, entre otros, contribuyen para formular e implementar estrategias de manejo en este recurso pesquero.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Universidad de Guadalajara. Los autores agradecen a Daniel Kosonoy, Gerardo Kosonoy y Manuel Díaz, su ayuda en la realización de las actividades de pesca; a las cooperativas “Rivera Melaque” y “Punta Farallón” por el uso de sus instalaciones y a los estudiantes que colaboraron en los muestreos.

REFERENCIAS

- Abaunza, P., L. Gordo, C. Karlou-Riga, A. Murta, A.T.G.W. Eltink, M.T. García-Santamaría, C. Zimmermann, C. Hammer, P. Lucio, S.A. Iversen, J. Molloy & E. Gallo. 2003. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). *Rev. Fish Biol. Fish.*, 13: 27-61.
- Afonso, P., J. Fontes, T. Morato, K.N. Holland & R.S. Santos. 2008. Reproduction and spawning habitat of white trevally, *Pseudocaranx dentex*, in the Azores, central north Atlantic. *Sci. Mar.*, 7: 373-381.
- Albieri, R.J., F.G. Araújo & T.P. Ribeiro. 2010. Gonadal development and spawning season of white mullet *Mugil curema* (Mugilidae) in a tropical bay. *J Appl. Ichthyol.*, 26: 105-109.
- Allen, G.R. & R.D. Robertson. 1994. *Fishes of the Tropical Eastern Pacific*. University of Hawaii, Hawaii, 332 pp.
- Al-Rasady, I., A. Govender & S.M. Al-Jafaili. 2012. Reproductive biology of longnose trevally (*Carangoides chrysophrys*) in the Arabian Sea, Oman. *Environ. Biol. Fish.*, 93: 177-184.
- Ambriz-Arreola, I., J. Gómez-Gutiérrez, C. Franco-Gordo, B.E. Lavaniegos & E. Godínez-Domínguez.

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.
- Arias, C.J.A., E. Zaniboni-Filho & B.E. Aya. 2006. Indicadores del ciclo reproductivo del yamú *Brycon amazonicus*, en cautiverio. *Orinoquia*, 10: 24-34.
- Arreguín-Sánchez, F. & E. Arcos-Huitrón. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21: 431-462.
- Assem, S.S., S.S. El-Serafy, M.M. El-Garabawy, M. El-G. Absawy & S.K. Kaldus. 2005. Some biochemical aspects of reproduction in female *Trachinotus ovatus* (Carangidae). *Egypt. J. Aquat. Res.*, 31: 1-13.
- Barnham, C.P. & A. Baxter. 1998. Condition factor, K, for salmonid fish. *Fish. Notes*, 5: 1-3.
- Billard, R. 1986. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. *Reprod. Nutr. Develop.*, 26: 877-920.
- Brown-Peterson, N.J., D.M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B.J. Macewicz & S.K. Lowerre-Barbieri. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Mar. Coast. Fish. Dyn. Manage. Ecosyst. Sci.*, 3: 52-70.
- Caiafa, H.I., B.J. Narváez & F.S. Borrero. 2011. Algunos aspectos de la dinámica poblacional del jurel *Caranx hippos* (Pisces: Carangidae) en Bocas de Ceniza, Caribe colombiano. *Rev. Med. Vet. Zool.*, 16: 2324-2335.
- Castro-Aguirre, J.L., P.H. Espinosa & J.J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna Estuarino- Lagunar y Vicaria de México. Editorial Limusa, Mexico D.F., 711 pp.
- Chávez-Comparan, J.C., G.G. Galeana-Lemus, I. Manzo-Vargas & J.A. Salinas-Sánchez. 2008. Catálogo de peces de arrecifes rocosos-coralinos de Punta Carrizales. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Colima, 114 pp.
- Clarke, T. A. 1996. Reproductive biology and egg abundance of the yellowtail scad or 'Omaka, *Atule mate* (Carangidae), in Kane'ohe Bay, Hawaii. *Pac. Sci.* 50: 93-107.
- Cruz-Gómez, A., A.C. Rodríguez-Varela & H. Vázquez-López. 2010. Madurez sexual y reproducción de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) en un embalse del poblado de San Martín, Queretaro, México. *Biocyt*, 3: 94-106.
- Demirel, N. & A. Yükses. 2013. Reproductive biology of *Trachurus mediterraneus* (Carangidae): a detailed study for the Marmara-Black Sea stock. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 93: 357-364.
- Eltink, A.T.G.W. 1991. Batch fecundity and fraction spawning of horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.). EC Study Contract, N BO-1990-207, 71 pp.
- Everson, A.R., H.A. Williams & B.M. Ito. 1989. Maturation and reproduction in two Hawaiian eteline snappers, uku, *Aprion virescens*, and onaga, *Etelis coruscans*. *Fish. Bull.*, 87: 877-888.
- Froese, R. & D. Pauly. 2011. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org]. Reviewed: 5 November 2015.
- González, P. & C. Oyarzún. 2002. Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipes chilensis* Valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): ¿Están realmente correlacionados? *Gayana*, 66: 249-253.
- Grandcourt, E.M., T.Z. Al Abdessalaam, F. Francis & A. Al Shamsi. 2004. Population biology and assessment of representatives of the family Carangidae *Carangoides bajad* and *Gnathanodon speciosus* (Forssal, 1775), in the southern Arabian Gulf. *Fish. Res.*, 69: 331-341.
- Grimes, C.B. 1987. Reproductive biology of the Lutjanidae: a review. In: J.J. Polovina & S. Ralston (eds.). *Tropical snappers and groupers: biology and fisheries management*. Westview Press, Boulder, 659 pp.
- Guirao, R., J. Socorro, T. Reyes, J. Roo, H. Fernández-Palacios & M.S. Izquierdo. 2005. Estudio del desarrollo gonadal del jurel dentón *Pseudocaranx dentex* (Bloch & Schneider, 1801) en aguas costeras de las islas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 21: 253-264.
- Htun-Han, M. 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L) in the North sea: gonadosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *J. Fish Biol.*, 13: 369-378.
- Hyder, M. 1969. Histological studies on the testis of *Tilapia leucosticta* and other species of the genus *Tilapia* (Pisces: Teleostei). *T. Am. Microsc. Soc.*, 88: 211-231.
- Kaiser, C.E. 1973. Gonadal maturation and fecundity of horse mackerel *Trachurus murphy* (Nichols) off the coast of Chile. *T. Am. Fish. Soc.*, 102: 101-108.
- Karlou-Riga, C. & P.S. Economidis. 1996. Ovarian atretic rates and sexual maturity of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.) in the Saronikos Gulf (Greece). *Fish. Bull.*, 94: 66-76.
- Karlou-Riga, C. & P.S. Economidis. 1997. Spawning frequency and batch fecundity of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.), in the Saronikos Gulf (Greece). *J. Appl. Ichthyol.*, 13: 97-104.
- King, M.G. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, Oxford, 400 pp.

- Leal, E., E. Díaz, J.C. Saavedra-Nievas & G. Claramunt. 2013. Ciclo reproductivo, longitud y edad de madurez de jurel *Trachurus murphyi*, en la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 48: 601-611.
- Lowerre-Barbieri, S.K., N.J. Brown-Peterson, H. Murua, J. Tomkiewicz, D.M. Wyanski & F. Saborido-Rey. 2011. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. *Mar. Coast. Fish. Dyn. Manage. Ecosyst. Sci.*, 3: 32-51.
- Lucano-Ramírez, G., S. Ruiz-Ramírez, B. Aguilar-Palomino & J.A. Rojo-Vázquez. 2001a. Listado de las especies de peces de la región costera de Jalisco y Colima, México. *Ciencia y Mar*, 15: 13-20.
- Lucano-Ramírez, G., C. Villagrán-Santa, S. Ruiz-Ramírez & T. López-Murillo. 2001b. Histología de los ovocitos de *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae). *Cienc. Mar.*, 27: 335-349.
- Lucano-Ramírez, G., S. Ruiz-Ramírez, G. González-Sansón & B.P. Ceballos-Vázquez. 2012. Biología reproductiva del pargo *Lutjanus inermis* (Perciformes: Lutjanidae), en el Pacífico central mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 60: 303-403.
- Lucano-Ramírez, G., S. Ruiz-Ramírez, G. González-Sansón & B.P. Ceballos-Vázquez. 2014. Reproductive biology of the yellow snapper, *Lutjanus argentiventris* (Pisces, Lujanidae), from the Mexican central Pacific. *Cienc. Mar.*, 40: 33-44.
- Marino, G., A. Mandich, A. Massari, F. Andaloro, S. Porello, M.G. Finioia & F. Cevasco. 1995. Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack (*Seriola dumerilii* Risso) during the spawning period. *J. Appl. Ichthyol.*, 11: 9-24.
- McBride, R.S., F.J. Stengard & B. Mahmoudi. 2002. Maturation and diel reproductive periodicity of round scad (Carangidae: *Decapterus punctatus*). *Mar. Biol.*, 140: 713-722.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, London, 624 pp.
- Nikolsky, G. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press, London, 352 pp.
- Ospina-Arango, J.F., F.I. Pardo-Rodríguez & R. Álvarez-León. 2008. Madurez gonadal de la ictiofauna presente en la Bahía de Cartagena, Caribe Colombiano. *Bol. Cient. Mus. His. Nat.*, 12: 117-140.
- Perea, A., J. Mori, B. Buitrón & J. Sánchez. 2013. Aspectos reproductivos del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. *Rev. Peru. Biol.*, 20: 29-34.
- Possamai, B. & L.F. Fávaro. 2015. Using mariculture as a breeding site: reproduction of *Hypseurochilus fissicornis* (Actinopterygii: Blenniidae). *Sci. Mar.*, 79: 335-343.
- Rahman, M.M. & A. Hafzath. 2012. Condition, length-weight relationship, sex ratio and gonadosomatic index of Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) captured from Kuantan coastal water. *J. Biol. Sci.*, 12: 426-432.
- Rodríguez-Gutiérrez, M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Editores, México, 79 pp.
- Rojo-Vázquez, J.A. & M. Ramírez-Rodríguez. 1997. Composición específica de la captura con redes de enmalle en bahía de Navidad, Jalisco, México. *Oceánides*, 12: 121-126.
- Rojo-Vázquez, J.A., G. Lucano-Ramírez & S. Ruiz-Ramírez. 2009. Length-weight relationships for coastal fish species from the artisanal gillnet fishery in the central Mexican Pacific. *J. Appl. Ichthyol.*, 25: 497-498.
- Ruiz-Ramírez, S., G. Lucano-Ramírez, G. González-Sansón, J.A. Rojo-Vázquez & M. Arellano-Martínez. 2012. Biología reproductiva de *Anisotremus interruptus* (Perciformes: Haemulidae) en el Pacífico central mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 60: 709-720.
- Saborido-Rey, F. 2008. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC), Curso de Doctorado, Universidad de Vigo, Vigo, 71 pp.
- Sánchez, J., A. Perea, B. Buitrón & L. Romero. 2013. Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. *Rev. Peru. Biol.*, 20: 35-44.
- Sánchez-Cárdenas, R., M. Arellano-Martínez, M.C. Valdez-Pineda, R.E. Morán-Angulo & B.P. Ceballos-Vázquez. 2011. Reproductive cycle and sexual maturity of *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontiformes, Tetraodontidae) from the coast of Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *J. Appl. Ichthyol.*, 27: 1190-1196.
- Sley, A., O. Jarboui, M. Ghorbel & A. Bouain. 2012. Annual reproductive cycle, spawning periodicity and sexual maturity of blue runner *Caranx crysos* (Pisces, Carangidae) from the Gulf of Gabes (Tunisia, Eastern Mediterranean). *J. Appl. Ichthyol.*, 28: 785-790.
- Solomon, F.H. & I.W. Rammarine. 2007. Reproductive biology of white mullet, *Mugil curema* (Valenciennes) in the southern Caribbean. *Fish. Res.*, 88: 133-138.
- Tapia-García, M. 1997. Diversidad dinámica y patrones reproductivos en la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Informe final-CONABIO. México D.F., pp. 95-117.
- Thulasitha, W.S. & K. Sivashanthini. 2013a. Microscopic staging system used in the identification of gonad developmental stages of *Scomberoides lysan*. *J. Fish. Aquat. Sci.*, 8: 355-366.

- Thulasitha, W.S. & K. Sivashanthini. 2013b. Reproductive characteristics of doublespotted Queenfish, *Scomberoides lysan* (Actinopterygii: Perciformes: Carangidae), from Sri Lankan waters: implications for fisheries management. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 43: 7-13.
- Viette, M., P.G. Giulianini & E.A. Ferrero. 1997. Reproductive biology of scad, *Trachurus mediterraneus* (Teleostei, Carangidae) from The Gulf of Trieste. *J. Mar. Sci.*, 54: 267-272.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 41: 199-222.
- Yamamoto, K. & M. Yamazaki. 1961. Rhythm of development in the oocyte of the gold-fish, *Carassius auratus*. *Bull. Fac. Fish. University Hokkaido*, 12: 93-114.
- Zar, J.H. 2010. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 960 pp.

Received: 6 October 2015; Accepted: 23 May 2016