INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS Y BIOLOGIA MARINA

INFORME TÉCNICO

Biología reproductiva del cardenal *Paranthias colonus* (Perciformes: Serranidae) de la costa sur-occidental del Golfo de California.

Elaborado por:

Biol. Mar. Alma Rosa Rivera Camacho

Dra. Bertha Patricia Ceballos Vázquez

Dr. Marcial Arellano Martínez

La Paz, B.C.S. Diciembre del 2015.

RESUMEN

El coloradito *Paranthias colonus* es un recurso pesquero que es utilizado como cebo o carnada, pero que actualmente es también un recurso alternativo debido a la escasez de las especies de peces objetivo. *P. colonus* forma agregaciones de alimentación y reproductivas que lo hace previsible y fácil de pescar, lo que la hace vulnerable, por tanto susceptible a la sobreexplotación. Este estudio describe el ciclo reproductivo, la proporción de sexos y estima la talla de madurez poblacional ($L_{50\%}$) de esta especie, lo cual son aspectos fundamentales para implementar su plan de manejo. Se realizaron capturas mensuales de febrero a noviembre del 2012 (excepto marzo) y de enero a abril del 2015, en la costa sur-occidental del Golfo de California (San Evaristo, El Sargento y la Ventana). Se analizaron histológicamente 383 gónadas y se describieron cinco fases de desarrollo en hembras y machos: reposo, desarrollo, madurez, desove o eyaculación y posdesove o eyaculado. El análisis histológico indica que esta especie es hermafrodita protogínico debido a que se encontraron 17 machos con ovocitos atrésicos y o individuos en transición. *P. colonus* presenta un desarrollo asincrónico de sus gónadas y desoves parciales. Esta especie se reproduce de mayo a octubre, cuando los organismos presentaron los más altos porcentajes de gónadas maduras y en desove, lo cual parece estar en función de la variación térmica debido a que es cuando se encuentran las más altas temperaturas del agua. La época reproductiva también fue corroborada con la variación del índice gonadosomático. La talla de madurez fue de 32.3 cm de longitud total (LP) para las hembras y 32.5 para los machos, aunque se presentaron hembras maduras desde los 23.2 cm de LP y machos maduros desde los 22.4 cm de LT. Se encontró que durante la mayoría de los meses de la época de reproducción, la proporción de sexos fue similar entre hembras y machos, sin embargo durante los periodos no reproductivos la proporción de sexos fue significativamente diferente, encontrándose más hembras que machos o más machos que hembras. No obstante la proporción sexual en el total de la muestra analizada fue similar entre hembras y machos. Se concluye que *P. colonus* podría ser una especie vulnerable a la explotación, debido a su comportamiento de agregaciones reproductivas y de alimentación, así como por su madurez sexual tardía (32 cm) y su condición hermafrodita.

INTRODUCCIÓN

El Golfo de California representa una de las regiones pesqueras más importantes del Pacifico Tropical Este, y la más productiva de México (Arreguín-Sanchez y Arcos-Huitron, 2011). Parte de esta productividad se debe a la captura comercial de muchos peces de las familias Scianidae (corvinas) y Lutjanidae (meros, pargos), pero principalmente de la familia Serranidae (meros y cabrillas) que son especies de alto valor comercial y que pertenecen a las especies objetivo de pesca (Carta Nacional Pesquera 2006).

Paranthias colonus llamado comúnmente cardenal, coloradito, indio, sandía o mamey debido a la coloración que exhibe cuando se encuentra en su actividad reproductiva es un serranido que primero se utilizó como cebo, pero recientemente se pesca como recurso alternativo, debido a que otras especies son cada vez más escasas (Sala *et al.,* 2003).

Esta especie como muchos otros miembros de la familia, forman agregaciones reproductivas en sitios específicos en ciertas épocas del año, que las hace previsibles y fáciles de pescar; con un mínimo de esfuerzo, haciéndolas particularmente vulnerables a la sobreexplotación (Sadovy *et al*., 2008). Hasta el momento no se reconoce si el tipo de agregación de desove es residente, o transitoria y su estatus permanece como "incierta" (Sala *et al*., 2003, Sadovy de Mitcheson y Erisman, 2012). Además, esta especie también forma agregaciones de alimentación por encima de los arrecifes durante la primavera y el otoño para alimentarse del zooplancton, momento en el que se pescan grandes cantidades de esta especie con redes de enmalle artesanales (Heemstra y Ranadll, 1993; Erisman *et al*., 2010a).

Las especies de agregación de desove arrecifal, contribuyen significativamente a las pesquerías del sur del Golfo de California, en términos de producción y de ingresos

(Sala *et al*., 2003). En las pasadas cuatro décadas, ocho especies de agregaciones de desove (*Lutjanus peru, Seriola landi, L. argentiventris, M. rosácea, P. auroguttatus, Balistes polylepis, Haplopagrus guentherii* y *P. colonu*s), se han explotado comercialmente generando importantes ingresos, sin embargo la media anual de desembarque de estas especies de agregación, se da precisamente en los periodos de desove de estas especies; generando más de 580 tons en desembarque y más de $740,000 USD ingresos en muelle (Erisman *et al*., 2010b).

A pesar de la importancia económica de esta especie, en el Golfo de California son escasos los trabajos sobre su biología o ecología. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue describir el ciclo reproductivo, proporción de sexos mensual y total, así como estimar la talla de madurez sexual poblacional (L_{50}) de *Paranthias colonus* de la costa sur-occidental del Golfo de California con el fin de aportar datos básicos para su manejo pesquero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de organismos

Las gónadas del cardenal *Paranthias colonus* fueron proporcionadas por Pronatura Noroeste A. C., por medio del Programa de Recuperación y Conservación de los Recursos Pesqueros del Golfo de California. Estas se obtuvieron de la pesca comercial, cada mes desde febrero de 2012 a noviembre de 2012 (excepto marzo y diciembre de 2012) y de enero a abril de 2015, en las localidades de El Sargento, La Ventana y San Evaristo, en la costa sur-occidental del Golfo de California, México.

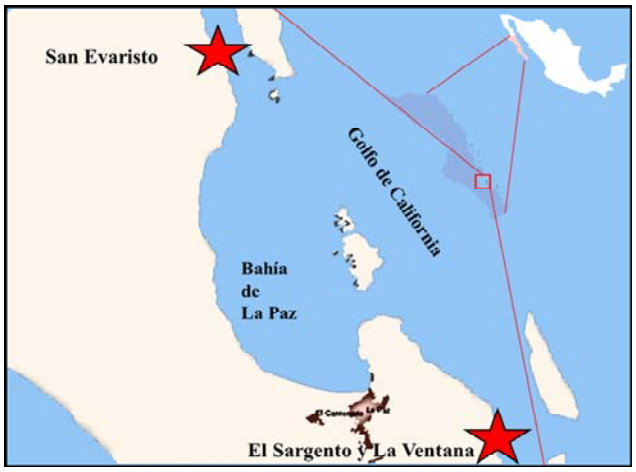

Figura 3. Localidades de estudio de *Paranthias colonus*. San Evaristo, El Sargento y La Ventana, costa sur-occidental del Golfo de California.

Al momento de la colecta las muestras fueron fijadas en formol al 10%, para su posterior observación y análisis, en el Laboratorio de Biología de Invertebrados Marinos del CICIMAR-IPN. Los datos biométricos (peso total, longitud total y peso de la gónada) fueron proporcionados por Pronatura.

Tratamiento histológico

Cada porción de gónada previamente fijada fue deshidratada en una serie ascendente de etanol al 70%, 80%, 96% I, 96% II, 96% III, 100% I, 100% II, y 100% III, una hora por cada concentración de alcohol. Posteriormente fueron semi aclaradas en un baño de alcohol-Neo-Clear® (1:1) durante 45 min, y luego aclaradas en dos baños de Neo-Clear® cada uno de 45 min. Luego, cada muestra fue impregnada con parafina Paraplast® líquida (con punto de fusión en 56° C) con cuatro baños de una hora cada uno. Finalmente, las muestras de tejido gonadal fueron incluidas también en parafina Paraplast® usando moldes de plástico y un dispensador de parafina para elaborar los cubos. Se realizaron cortes seriados de 5 µm de espesor usando un micrótomo rotatorio semiautomático (Leica RM2045), y montando los tejidos en portaobjetos. Después se realizó la tinción básica hematoxilina-eosina método regresivo (HHE_2: Luna 1968) para evidenciar las estructuras celulares. Finalmente, cada placa fue sellada con resina sintética al 60% en xilol.

Proporción sexual

El sexo de cada ejemplar se determinó macroscópicamente y fue corroborado a nivel microscópico con la observación del tejido gonadal previamente procesado histológicamente. La proporción sexual mensual y total se calculó dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos. Para determinar si la proporción de sexos mensual y total difiere de la proporción esperada de 1:1 se aplicó una prueba de homogeneidad de proporciones por medio del estadístico χ^2 (chi-cuadrada) (Zar, 1996), la cual se expresa de la siguiente manera:

$$X^2 = \frac{\sum (O-E)^2}{E}$$

Dónde:

O = proporción de hembras o machos observada

E = proporción de hembras o machos esperada

Ciclo reproductivo y época de reproducción

Para describir el ciclo reproductivo y determinar la época de reproducción, se caracterizó la madurez gonádica a partir de observaciones microscópicas de los ovarios y testículos de todos los organismos. La caracterización de los estadios de desarrollo gonádico se realizó tomando como base la clasificación y las observaciones hechas previamente para *L. peru* (Santamaría-Miranda 1998, Gallardo-Cabello et al. 2010) y *para L. guttatus* (Arellano-Martínez et al. 2001), que consisten en reposo, desarrollo, madurez, desove y post-desove. A partir de estas se hicieron los ajustes necesarios considerando el tipo o tipos de ovocitos más abundantes y la presencia y abundancia de las células germinales (Tyler y Sumpter 1996, Lowerre-Barbieri *et al*. 2011). Con el objeto de conocer la actividad reproductiva durante el periodo de estudio, se calcularon las frecuencias relativas mensuales de los estadios de desarrollo gonádico de hembras y machos, y se realizaron gráficas de barras. Asimismo, se describió la distribución temporal de las fases de desarrollo gonádico y se consideró como época de reproducción al periodo donde se observaron organismos en estadios gonádicos de madurez y desove.

La época de reproducción también se determinó utilizando el índice gonadosomático (IGS) de acuerdo a De Vlaming *et al*. (1982), con la siguiente expresión:

IGS=PG/PT-PG*100

Donde PG es el peso de la gónada y PT el peso total del organismos.

Talla de madurez sexual poblacional (L_{50})

La talla de madurez sexual poblacional, definida como la talla a partir de la cual el 50% de los individuos de la población están sexualmente maduros (Saborido, 2004) se estimó para cada sexo. Para ello, se calcularon las frecuencias en número de individuos que presentaron actividad reproductiva (organismos con gónadas en estadios de desarrollo, madurez, desove y post-desove) por intervalos de dos centímetros de longitud total, tanto en hembras como en machos. Después se calculó la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada. La media de los rangos de longitud (marca de clase) y las frecuencias acumuladas se ajustaron al modelo logístico $y = a/(1+b x \exp^{(-cx)})$ a través del programa CurveExpert 1.3, con lo cual se obtuvo el valor puntual de la talla de madurez sexual poblacional.

RESULTADOS

Descripción microscópica de los estadios de desarrollo gonadal

El análisis histológico de las gónadas de *P. colonus* mostró la presencia de varios grupos modales de ovocitos intraováricos en diferentes fases de desarrollo, así como folículos post-ovulatorios en diferente grado de reabsorción, lo cual indica que esta especie presenta un desarrollo asincrónico de la gónada y desoves parciales. Se definieron cinco fases de desarrollo gonádico para hembras y machos: reposo, desarrollo, madurez, en desove o eyaculación y en post-desove o eyaculado.

Hembras:

***Reposo*:** Se caracteriza porque las lamelas ovígeras, en las que se encuentra el epitelio germinal, son claramente visibles. Se presentan exclusivamente ovogonias, ovocitos tempranos y previtelogénicos. El lumen es generalmente grande (Fig. 4a).

***Desarrollo*:** La separación entre las lamelas ovígeras ha disminuido por lo que no son tan evidentes. Además de ovocitos tempranos y previtelogénicos se presentan ovocitos en vitelogénesis inicial. En fases avanzadas de desarrollo se presentan también algunos ovocitos en vitelogénesis avanzada (Fig. 4b).

***Madurez*:** No hay una separación evidente entre las lamelas ovígeras. Los ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos son menos evidentes (Fig. 4c). Abundan los ovocitos en vitelogénesis avanzada (Fig. 4d y 4e), y en fases avanzadas de madurez se presentan algunos ovocitos prehidratados e hidratados (Fig. 4f y 4g).

***Desove*:** Se caracteriza por la presencia de folículos postovulatorios (POF), en diferentes grados de reabsorción (evidenciando la expulsión de gametos), y de ovocitos pre-hidratados (Fig. 4f) e hidratados (Fig. 4g). Los ovocitos tempranos y previtelogénicos empiezan a ser más evidentes.

***Posdesove*:** Se caracteriza por la presencia de atresias (A) de ovocitos en vitelogénesis avanzada en diferentes grados de reabsorción y por presentar espacios vacios en el tejido gonadal. Sólo se presentan ovocitos tempranos y previtelogénicos (Fig. 4h).

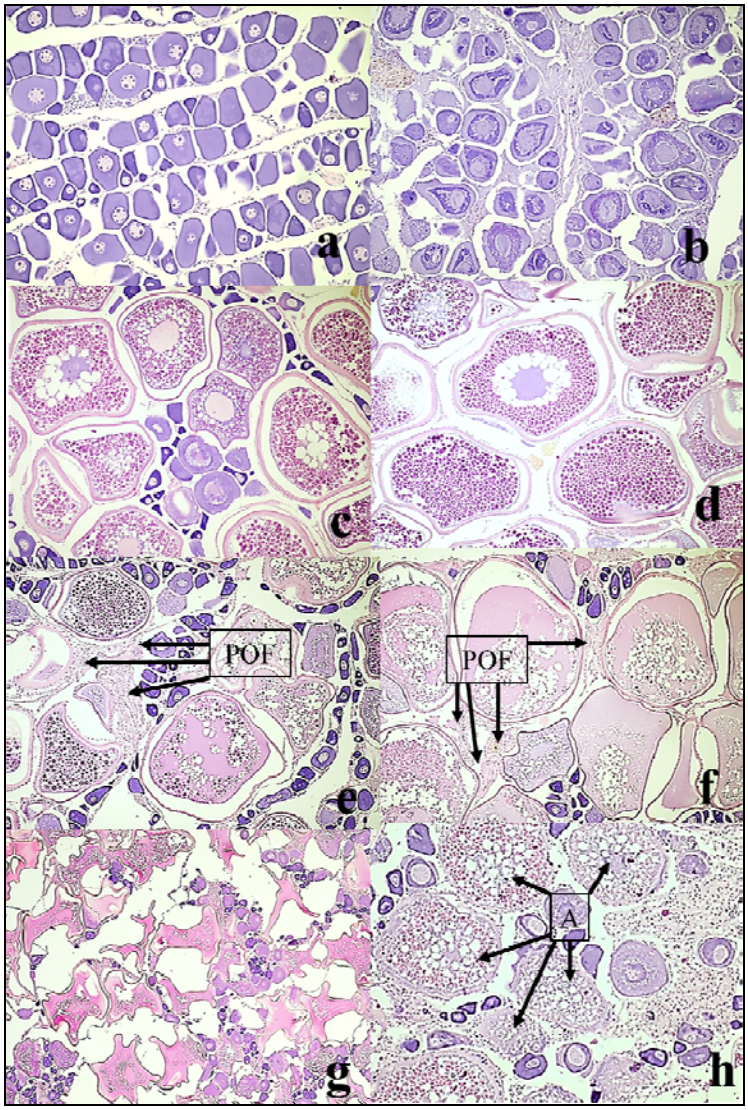

Figura 4. Características de los estadios de desarrollo gonádico de hembras. a) Reposo, b Desarrollo, c y d) Madurez, e) Desove, ovocitos pre-hidratados y detalle de folículos pos-ovulatorios (POF: folículo pos-ovulatorios, flechas), f y g) Desove, ovocitos hidratados, h) Pos-desove, detalle de atresias (A) en diferentes grados de absorción (flechas), espacios vacíos entre el tejido gonadal, atresias residuales, predominan ovocitos tempranos y previtelogénicos.

Machos:

Reposo: Se observa escasa actividad espermatogénica, en los cistos predominan las espermatogonias y espermatocitos I y II. Se pueden llegar a observar algunos espermatozoides residuales. El testículo tiene una apariencia compacta (Fig. 5a).

Desarrollo: Se presenta gran actividad espermatogénica. En los cistos se observan células espermatogénicas en todas las etapas de desarrollo (espermatogonias, espermatocitos I y II, espermatogonias y espermatozoides) (Fig. 5b).

Madurez: En la parte central el lumen se observa ensanchado y lleno de espermatozoides, se presenta escasa actividad espermatogénica en los cistos de la periferia (Fig. 5c).

En eyaculación: Se aprecian espacios vacíos, los espermatozoides se encuentran en mayor cantidad en la parte central del testículo. Se presenta escasa actividad espermatogénica en los cistos de la periferia (Fig. 5d).

Eyaculado: La actividad espermatogénica en los cistos es casi nula. Se observan gran cantidad de espacios vacíos dentro de los túbulos pero existen espermatozoides residuales (Fig. 5e y f).

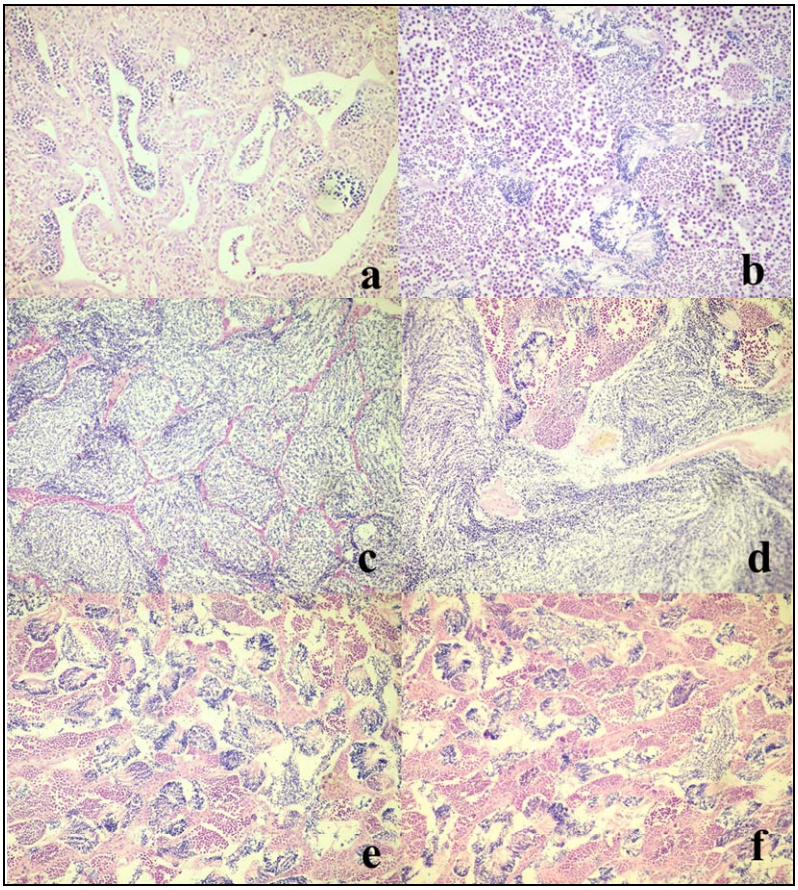

Figura 5. Características de los estadios de desarrollo gonádico de machos. a) Reposo, b) Desarrollo, c) Madurez, d) En eyaculación, e y f) Eyaculado.

Proporción sexual

Se analizaron un total de 380 organismos, de los cuales 49.21% correspondieron a hembras y 50.79% a machos. El rango de tallas varió entre 22.4 cm y 43.1 cm de longitud total (media=34.71, DE=3.27). El peso de los organismos vario entre 134.0 y 1,137.7 g (media=519.46, DE 164.37). Se encontraron además 17 organismos hermafroditas, los cuales fueron considerados como machos debido a que contenían ovocitos atrésicos. Se encontró que durante los meses de abril y junio del 2012 y enero y febrero 2015 hubo significativamente más hembras que machos, mientras que en febrero, mayo y noviembre del 2012 y marzo 2015 se encontraron significativamente más machos. La proporción sexual total (1.4H:1.2M) no fue significativamente diferente de la proporción esperada de 1:1 ($\chi 2 \leq 3.841$) (Tabla 1).

Tabla 1. Proporción de sexos mensual y total de *Paranthias colonus* en tres localidades del Golfo de California. El asterisco* indica diferencia significativa (χ^2 =3.841, P< 0.05).

Mes	Hembras (%)	Machos (%)	H:M	χ^2	P
Febrero **2012**	3 (27.27)	8 (72.73)	0.4:2.7	**20.671**	0.000*
Abril	15 (62.50)	9 (37.50)	1.7:0.6	**6.260**	0.012*
Mayo	15(37.50)	25(62.50)	0.6:1.7	**6.260**	0.012*
Junio	20(66.67)	10(33.33)	2.0:0.5	**11.121**	0.001*
Julio	13(40.63)	19(59.38)	0.7:1.5	3.526	0.060
Agosto	17(54.84)	14(45.16)	1.2:0.8	0.947	0.331
Septiembre	14(45.16)	17(54.84)	0.8:1.2	0.947	0.331
Octubre	15(48.39)	16(51.61)	0.9:1.1	0.114	0.736
Noviembre	12(38.71)	19(61.29)	0.6:1.6	**5.109**	0.024*
Enero **2015**	27(69.23)	12(30.77)	2.3:0.4	**14.803**	0.000*
Febrero	12(85.71)	2(14.29)	14.0:6.0	**51.030**	0.000*
Marzo	11(26.19)	31(73.81)	0.4:2.8	**22.686**	0.000*
Abril	10(52.63)	9(47.37)	1.1:0.9	0.287	0.592
Total	**187(49.21)**	**193 (50.79)**	**1.4:1.2**	**0.035**	**2.341**

El análisis de proporción de sexos por clase de talla mostró que hubo significativamente más machos en las clases de longitud de 24.9-27.3 cm y de 42.4-44.8 cm (Tabla 2).

Tabla 2. Frecuencia de hembras y machos de *Paranthias colonus* por intervalos de tallas. El asterisco* indica diferencia significativa (χ^2 >3.841, P< 0.05).

Longitud Total (cm)	Hembras	Machos	Total	χ^2	Valor p
22.4-24.8	1	1	2	0.01	0.92
24.9-27.3	**2**	**5**	**7**	**18.38**	**0.001***
27.4-29.8	10	8	18	1.24	0.26
29.9-32.3	22	28	50	1.45	0.23
32.4-34.8	63	57	120	0.26	0.61
34.9-37.3	49	57	106	0.58	0.45
37.4-39.8	34	26	60	1.79	0.18
39.9-42.3	6	9	15	4.01	0.04
42.4-44.8	**0**	**2**	**2**	**100.01**	**0.001***
Total	187	193	380		

Ciclo reproductivo

En la figura 6a y 6b se presentan las frecuencias de ocurrencia de los diferentes estadios de desarrollo gonadal para las hembras y machos de *Paranthias colonus*. Las hembras presentaron gónadas en reposo en los meses de enero a abril, con frecuencias que van del 60% al 100% y durante octubre y noviembre aunque con frecuencias de menos del 10%. En el caso de los machos solo hubo en los meses de febrero y abril de 2012 con frecuencias del 60 y 100% respectivamente. El estadio de desarrollo gonadal en hembras solo se presentó en abril, pero en los machos de marzo a mayo en frecuencia variable. Las hembras con gónadas maduras se encontraron de marzo a noviembre (excepto agosto y septiembre), con frecuencias variables, con máxima frecuencia en junio (90%); mientras que los machos solo en noviembre presentaron madurez. Las hembras en desove se encontraron de marzo a octubre, con mayor frecuencia en marzo,

abril, mayo y julio (70%), mientras que los machos se presentan en desove en la mayoría de los meses, con frecuencias variables, con la mayor frecuencia (100%) de agosto a octubre.

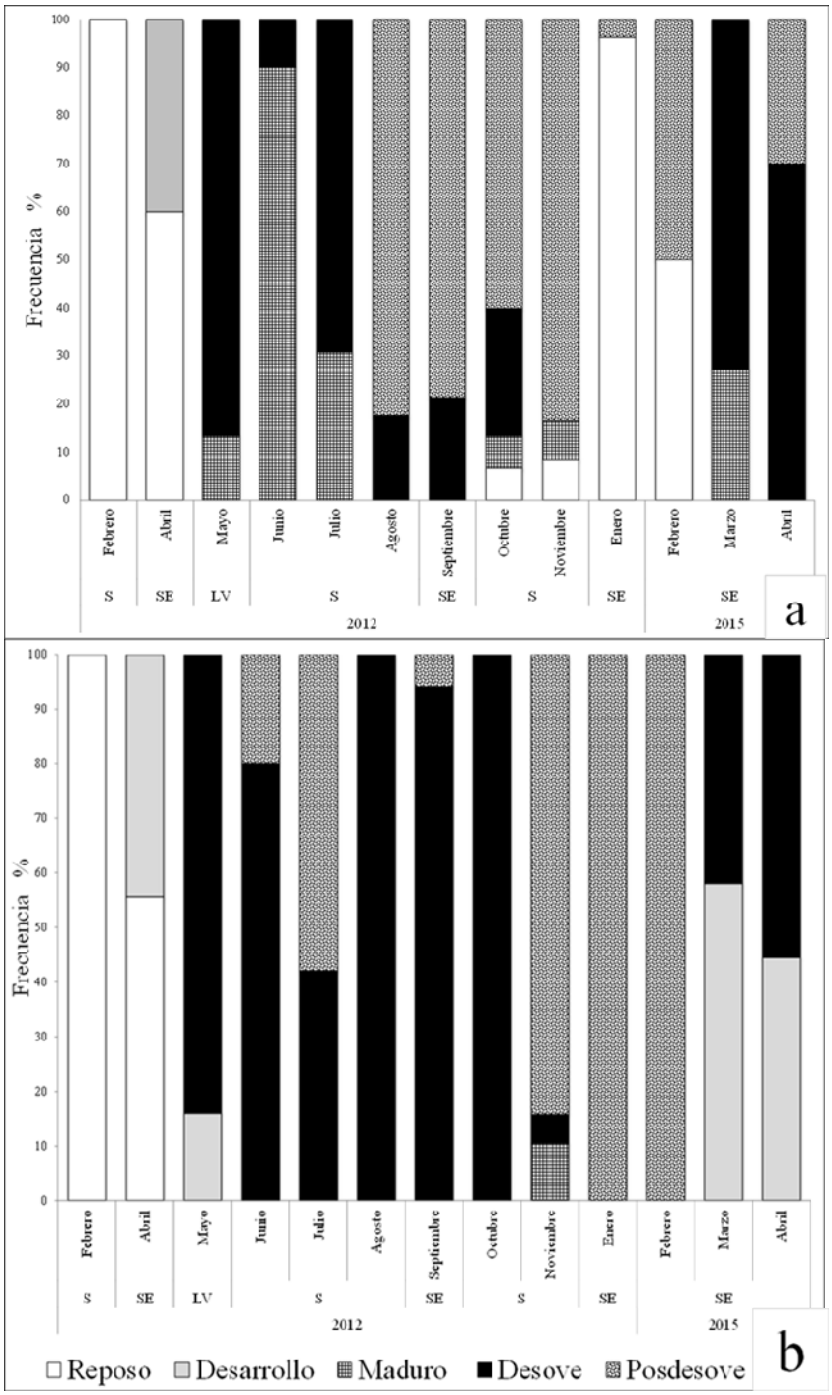

Figura 6. Ciclo reproductivo de *Paranthias colonus* de la costa sur-occidental del Golfo de California. (a) Hembras y (b) Machos. S= El Sargento, SE 0 San Evaristo, LV= La Ventana.

Índice gonadosomático

El IGS vario de manera estacional (Fig. 7), los valores más bajos (≈1-1.5%) se presentaron de febrero a abril de 2012, pero inicia su incremento a partir de mayo, tanto en machos como en hembras. De junio a octubre se presentaron los valores más altos para ambos sexos (entre 4.1% y 8.0%). Sin embargo, en noviembre el IGS de ambos sexos comenzó a descender paulatinamente hasta llegar a su valor más bajo (<1%) en enero, aunque en febrero comienzan a incrementarse nuevamente. Los valores promedios más altos del IGS en ambos sexos coinciden con las frecuencias más altas de organismos maduros y en desove analizados histológicamente.

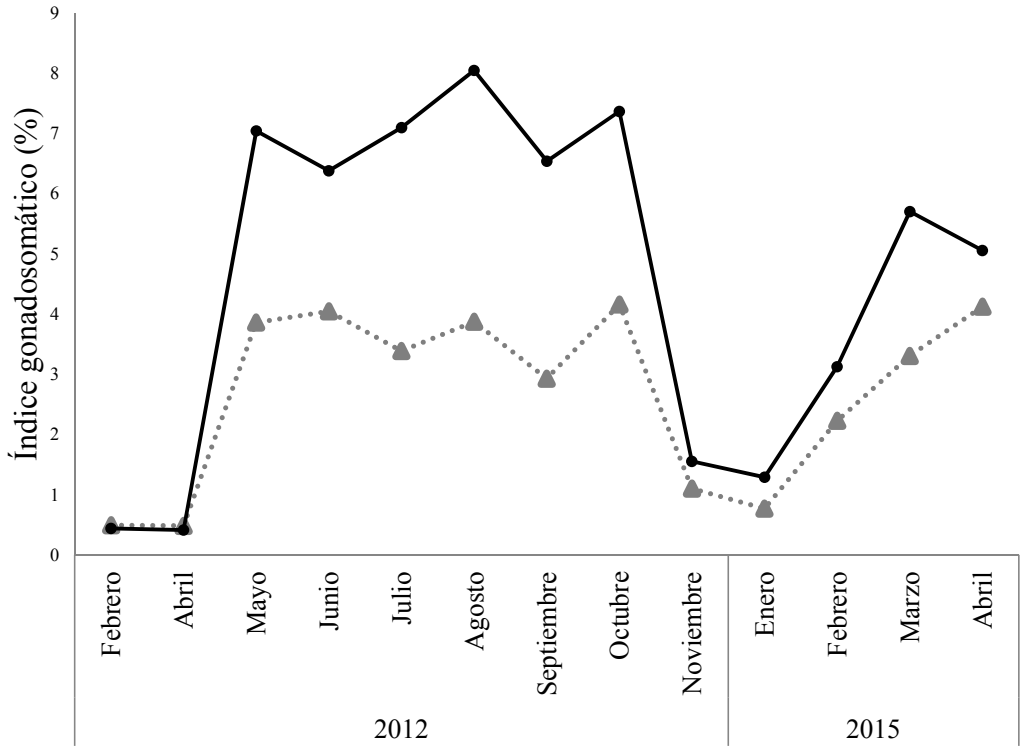

Figura 7. Variación mensual de los valores medios del índice gonadosomático de hembras (···) y machos (—) del cardenal *Paranthias colonus* de la costa sur-occidental del Golfo de California.

Talla de madurez sexual poblacional

En la figura 8a se muestra el rango de tallas de las hembras sexualmente maduras, este fue de 23.2-41.4 cm de LT (media 35cm, DE 3.04). Con el modelo sigmoidal logístico ($F_{3,\ 7}$= 438.75, P<0.05), se observó que la talla en la cual el 50% de las hembras son sexualmente maduras fue de 32.34 cm de LT. Para los machos sexualmente maduros el rango de tallas fue de 22.4 a 43.1 cm de LT. Aplicando el modelo logístico ($F_{3,\ 7}$= 1088.04, P<0.05), se observó que la talla a la cual el 50% de los machos están sexualmente maduros fue de 32.5 cm de LT (Fig. 8b).

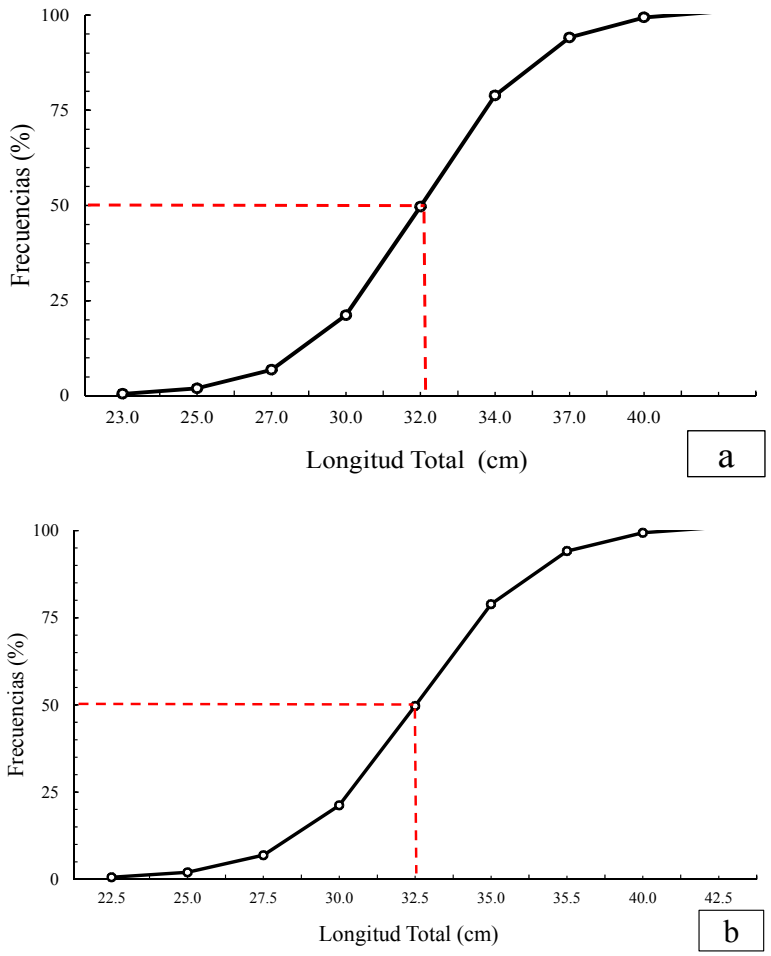

Figura 8. Talla de madurez sexual poblacional ($L_{50\%}$) del cardenal *Paranthias colonus* de la costa sur-occidental del Golfo de California: a) hembras. b) machos.

CONCLUSIÓN

Paranthias colonus de la costa sur-occidental del Golfo de California presenta un desarrollo asincrónico de su gónada, con desoves parciales. La especie se reproduce de manera estacional en meses cálidos (mayo a octubre), lo cual se confirma también con los altos valores del IGS en esos meses.

Se encontró que la proporción de sexos es desigual durante los meses en los que la especie está en reposo reproductivo, sin embargo durante la época de reproducción la proporción sexual es uno a uno.

La talla a la cual el 50% de los organismos alcanza la madurez sexual fue similar en machos (32.5 cm) y hembras (32.3 cm). Sin embargo, es necesario recalcularla incluyendo tallas menores a 21cm. De acuerdo con estos resultados podría ser que *P. colonus* presente una madurez sexual tardía, es decir, que tanto hembras como machos maduran a una talla grande, tal como sucede en otros miembros de la familia Serranidae que forman agregaciones reproductivas como *Ephinephelu*s, *Mycteroperca* y *Cephalopholis* (Erisman *et al*., 2007; Sadovy de Mitcheson *et al*., 2013). *P. colonus* presenta un patrón de agregación reproductiva estacional (Sala *et al*., 2003; Sadovy de Mitcheson *et al*., 2012) y al parecer también la presencia de individuos en transición y ovocitos atrésicos, lo cual son características que en peces indican hermafroditismo protogínico (Sadovy y Shapiro, 1987).

Las especies que presentan madurez sexual tardía, crecimiento lento, especies protogínicas y agregaciones reproductivas, son vulnerables y necesitan consideración y precaución en la pesca comercial, además de protección bajo una política de manejo (Sadovy de Mitcheson, *et al*., 2013; Erisman *et al*., 2010b). Por tanto, se concluye que *P. colonus* podría ser una especie vulnerable a la explotación, debido a su comportamiento de agregaciones reproductivas y de alimentación, así como por su madurez sexual tardía (32 cm) y su condición hermafrodita.

Recomendaciones

- Se recomienda recolectar organismos por debajo de los 21 cm de LT.
- Recolectar organismos en el mes de diciembre para completar el ciclo reproductivo.
- También se necesita comprender otras características de la biología de la especie, como la edad de la madurez sexual, la tasa de crecimiento, la vida

útil, los patrones de reclutamiento, la fecundidad, el éxito reproductivo y la variabilidad en el tiempo de las agregaciones.

- Las especies de agregación del golfo de México y las Bahamas cuenta con un especial manejo y protección por parte de las organizaciones Science and Conservation of Fish Aggreagation y la IUCN Groupers and Wrasses Specialist Group, que se encargan de monitorear las múltiples especies de agregación y desove. Se recomienda sujetarse a los estándares de control y monitoreo dado por estas organizaciones.

REFERENCIAS

Arreguín-Sánchez, F., y E. Arcos-Huitrón. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. Hidrobiológica. 21(3), 431-462.

Arellano-Martínez, M., Rojas-Herrera, A., García-Domínguez, F., Ceballos-Vázquez, B. P., y M. Villalejo-Fuerte. 2001. Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía 36(1): 1-8.

Carta Nacional Pesquera. 2006. DOF.

Hyams, D. G., Curve Expert 1.3 software, http://www.curveexpert.net, 2010

De Vlaming, V., G. Grossman y F. Chapman. 1982. On the use of the gonadosomatic index. Comp. Biochemi. Physiol. 73: 31-39.

Erisman, B. E., M. B. Buckhorn y P. A. Hastings. 2007. Spawning patterns in the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea*, in comparison with other aggregating groupers. Mar. Biol. 151:1849–1861.

Erisman, B. E., M. T. Craig y P. A. Hastings. 2010a. Reproductive biology of the Panama graysby *Cephalopholis panamensis* (Teleostei: Epinephelidae). Journal of Fish Biology 76: 1312-1328.

Erisman, B. E., Mascareñas, I., Paredes, G., Sadovy de Mitcheson, Y., Aburto-Oropeza, O., Hastings, P. 2010b. Seasonal, annual, and long-term trends in commercial fisheries for aggregating reef fishes in the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research 16: 279-288.

Gallardo-Cabello, M., M. Sarabia-Méndez, E., Espino-Barr y V. Anislado-Tolentino. (2010). Biological aspect of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michoacan, Mexico: growth, reproduction and condition factors. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 45: 205-215.

Heemstra, P.C. y J.E. Randall. 1993. Groupers of the World. Species Catalogue Volume 16. FAO, Rome, Italy. 382 pp.

Lowerre-Barbieri, S. K., N. J. Brown-Peterson, H. Murua, J. Tomkiewicz, D.M. Wyanski y F. Saborido-Rey. 2011. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. Marine and Coastal Fisheries 3(1): 32-51.

Luna, L.G. 1968. Manual of Histology Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology., McGraw Hill Book Co., New York. 258 pp

Saborido, F. 2004. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos; Curso doutoramento do bienio. Instituto de Investigaciones Marinas, Universidad de Vigo. España.71 pp.

Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes and G. Thompson. 2003. Spawning aggregations and reproductive behavior of reef fishes in the Gulf of California. Bulletin of Marine Science 72(1): 103-121.

Sadovy, Yvonne, y Y. Douglas, Y. Shapiro. 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. Copeia 1: 136-156.

Sadovy de Mitcheson Y., A. Cornish, M. Domeier, P. Colin, M. Russell, y K.C. Lindeman. 2008. A global baseline for spawning aggregations of reef fishes. Conserv. Biol. 22(5): 1233-1244.

Sadovy de Mitcheson, Y. J. y B. E. Erisman. 2012. Fishery and biological implications of fishing spawning aggregations, and the social and economic importance of aggregating fishes. En: Y.J. Sadovy y P.L. Colin (Ed). Reef fish spawning aggregations: biology, research, and management. Springer, New York. 225-284

Sadovy de Mitcheson, Y., M. T. Craig, A. A. Bertoncini, K. E. Carpenter, W. W. Cheung, J. H. Choat y J. Sanciangco. 2013. Fishing groupers towards extinction: a global assessment of threats and extinction risks in a billion dollar fishery. Fish and Fisheries 14(2): 119-136.

Santamaría Miranda, A. 1998. Hábitos alimenticios y ciclo reproductivo del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) Pisces: Lutjanidae en Guerrero, México. Tesis Doctorado CICIMAR-IPN

Tyler, C. R., y J. P. Sumpter. 1996. Oocyte growth and development in teleosts. Reviews in fish biology and fisheries 6(3), 287-318.

Zar, J. H. 1996. Bioestatistical análisis. Prentice Hall. New Jersey. 619 pp