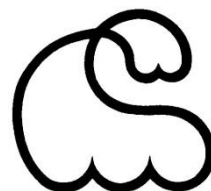




INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS **CICIMAR**



INFORME TÉCNICO

**Biología reproductiva de *Lutjanus peru* y *Lutjanus argentiventris*
(Perciformes:Lutjanidae) en la costa sur-occidental del Golfo de California.**

Elaboró:

Walter Antonio Barbosa-Ortega

Alma Rosa Rivera Camacho

Omar Hernando Avila-Poveda

Bertha Patricia Ceballos Vázquez

Marcial Arellano-Martínez

RESUMEN

Lutjanus peru y *L. argentiventris* comúnmente conocidos como huachinango y pargo amarillo, respectivamente, son especies abundantes en la costa sur-occidental del Golfo de California y representan una pesquería comercialmente importante. Sin embargo, existe muy poca información acerca de su biología reproductiva, lo cual es un aspecto fundamental para poder optimizar su sustentabilidad. El objetivo de esta investigación fue estimar la proporción de sexos, caracterizar el ciclo reproductivo y estimar la talla de primera madurez de estas especies. Se realizaron capturas mensuales por parte del personal de Pronatura Noroeste de enero a diciembre de 2012 para el caso de *L. peru* y 10 meses discontinuos entre el 2012 y 2013 en la zona sur-occidental del Golfo de California (San Evaristo, el Sargento y Bahía de La Paz). Se analizaron histológicamente un total de 323 gónadas de *L. peru* y 249 de *L. argentiventris* y se describieron los estadios de desarrollo gonadal. El análisis histológico mostró que ambas especies presentan un desarrollo asincrónico de sus gónadas, con desoves parciales. Se determinaron cinco estadios de desarrollo: reposo, desarrollo, madurez, desove y posdesove. La actividad reproductiva de ambas especies es estacional. *L. peru* se reproduce durante junio y julio y de septiembre (en San Evaristo) a noviembre. El IGS de esta no concuerda del todo con el análisis histológico por lo que no es recomendable establecer la época reproductiva de esta especie en este indicador. En este análisis destaca que en la localidad de el Sargento, durante agosto y septiembre el 100% de *L. peru* capturados fueron juveniles (inmaduros). *L. argentiventris* se reproduce de junio a agosto, aunque los machos lo hacen también en octubre. Lo anterior fue también corroborado con el IGS, por lo cual este puede ser un buen indicador de la época reproductiva de esta especie. La talla de primera madurez de las hembras de *L. peru* se presenta a los 32.24 cm de longitud total (LT), aunque se encontraron hembras sexualmente maduras desde los 26.6 cm de LT, mientras que la de los machos es a los 29.55 cm de LT. La talla de primera madurez de las hembras de *L. argentiventris* se presenta a los 37.27cm de LT, aunque se encontraron hembras sexualmente maduras desde los 25.7 cm de LT, mientras que la de los machos es a los 33.68 cm de LT. En algunos meses hubo diferencias significativas en la proporción de hembras y machos de ambas especies, sin embargo, la proporción sexual total no fue significativamente diferente de 1:1.

INTRODUCCIÓN

Lutjanus peru (Nichols y Murphy 1922) y *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) (Fig. 1), son comúnmente conocidos como huachinango y pargo amarillo, respectivamente, los cuales se distribuyen desde el Pacífico mexicano en Baja California Sur, incluyendo el Golfo de California, hasta Perú (Allen y Robertson 1994, Fischer et al. 1995). En México, el recurso Guachinango por su volumen de captura se encuentra posicionado en el lugar 26 de producción pesquera nacional, sin embargo por su valor económico se ubica en la posición 11 a nivel nacional (CONAPESCA, 2011). De acuerdo con las estadísticas oficiales, los estado de Baja California Sur “BCS” y Tabasco han compartido durante la última década el 1º lugar en participación porcentual de la producción de guachinango (*L. peru* y *L. argentiventris*) a nivel nacional. La captura histórica más alta en BCS, se registró durante el 2010, representando el 12,40 % de la producción nacional, equivalente a 1,014 toneladas de peso vivo, siendo Bahía de La Paz la región más productiva en cuanto a éstas especies (Díaz-Uribe et al. 2004, CONAPESCA 2011).

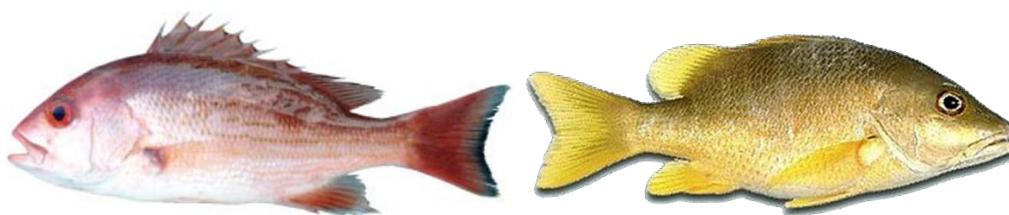


Figura 1. Huachinango *Lutjanus peru* y el Pargo amarillo *Lutjanus argentiventris*.

En el litoral del estado de Baja California Sur (BCS), México, el huachinango y el pargo amarillo son de gran importancia para los pescadores ribereños, quienes lo capturan todo el año y en especial de abril a mayo, cuando son más abundantes. Sin embargo, en la última década la pesca disminuyó de forma significativa por lo que se han iniciado diversas estrategias como la engorda de juveniles en encierros. Ya que estos peces representan un recurso pesquero a lo largo de su área de distribución, que puede llegar a declinar como ha sucedido con otras pesquerías, y más aún si no se cuenta con el conocimiento básico de su biología reproductiva, ha surgido la necesidad de evaluar los aspectos reproductivos, ya que no hay estudios sobre su biología reproductiva para esta localidad, excepto la tesis de licenciatura de Reyna-Trujillo (1993) para *L. peru*. El alcance de esta investigación es

generar conocimiento sobre aspectos reproductivos básicos de una población sub-adulta y adulta de *Lutjanus peru* y *Lutjanus argentiventris* de Bahía de La Paz y zonas aledañas, tales como la proporción de sexos, ciclo reproductivo, temporada de reproducción (madurez y desove), variación y validación del índice gonadosomático, así como la estimación de la talla media de madurez sexual ($LT_{50\%}$).

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar algunos aspectos biológico reproductivos de la población sub-adulta/adulta de *Lutjanus peru* y *Lutjanus argentiventris* en la Bahía de La Paz y zonas aledañas (San Evaristo y El Sargento), Baja California Sur, México, mediante análisis histológico de gónadas.

Objetivos específicos

- Conocer la proporción de sexos de *L. peru* y *L. argentiventris*, mensual y anual.
- Describir el ciclo reproductivo de *L. peru* y *L. argentiventris*.
- Validar la temporada reproductiva *L. peru* y *L. argentiventris* a través del índice gonadosomático
- Estimar la talla de primera madurez sexual poblacional ($LT_{50\%}$) de *L. peru* y *L. argentiventris*

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de obtención de los organismos

EL área de obtención de los organismos se ubica en la costa sur-occidental del Golfo de California, México (Fig. 2). Las localidades de pesca fueron San Evaristo, Bahía de la Paz, y El Sargento, BCS, México.

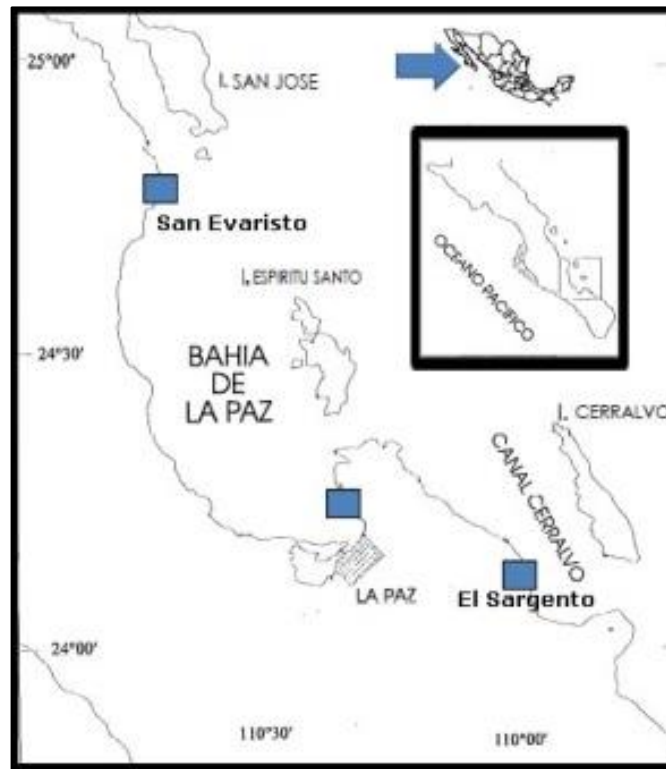


Figura 2. Localidades de obtención de los peces. Los recuadros azules representan los lugares de muestreo en las localidades de San Evaristo, Bahía de la Paz y El Sargento, Baja California Sur, México.

Obtención, morfometría y disección de muestra gonadal

De la pesca artesanal en las localidades San Evaristo, Bahía de la Paz, y El Sargento, se obtuvieron entre 10 y 30 individuos mensuales para dos especies de *Lutjanus* (*L. peru* y *L. argentiventris*). *L. peru* fue obtenido durante 12 meses continuos en el 2012 (enero a diciembre) , mientras *L. argentiventris* se obtuvo durante 10 meses discontinuos entre el 2012 y 2013 por personal de PRONATURA-NOROESTE. A cada individuo le fue medido la longitud total (LT) (distancia desde del ápice de la cabeza hasta el final de la

aleta caudal), el peso total del animal (PT, incluyendo vísceras) y el peso total de las gónadas (PG). Una porción transversal de 1 cm³ de la parte central de la gónada fue disecada de cada organismo y fue fijada en formol al 10% para su posterior proceso histológico.

Proceso histológico

Cada porción de gónada 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 fueron incluidas también en parafina Paraplast® usando moldes de plástico y un dispensador de parafina para elaborar los cubos. Se realizaron cortes seriados a 5 µm de espesor usando un micrótopo rotatorio (Leica), y montando los tejidos en portaobjetos. Se realizó la tinción básica hematoxilina-eosina método regresivo (HHE₂: Luna 1968, Howard y Smith 1983). Finalmente, cada placa fue sellada con resina sintética al 60% en xilol.

Caracterización de los estadios de desarrollo gonádico

Para caracterizar los estadios de desarrollo gonádico (EDG), se tomaron como base los EDG establecidos por Santamaría-Miranda (1998), Lucano-Ramírez et al (2001), Gallardo-Cabello et al. (2010) para *L. peru*, por Piñon et al. (2009) para *L. argentiventris*, y por Arellano-Martínez et al (2001) para *L. guttatus*. Sin embargo, se hicieron las actualizaciones pertinentes para la descripción de cada uno de los estadios, tomando en cuenta el desarrollo de las células sexuales de peces (Tyler y Sumpter 1996, Lowerre-Barbieri et al. 2011) y para la terminología para el estudio reproductivo de peces (Brown-Peterson et al. 2011). Con base en dichas descripciones se procedió a asignar cinco estadios de desarrollo para ambos sexos: Reposo, Desarrollo, Maduro, Desove, Post-desove.

Aspectos reproductivos

Proporción de sexos

El sexo de cada ejemplar se determinó solo a nivel microscópico con la observación del tejido gonadal y utilizando la técnica histológica anteriormente descrita. 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 1:1 se aplicó una prueba de homogeneidad de proporciones por medio del estadístico X^2 (chi-cuadrada), el cual se expresa de la siguiente manera:

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

Dónde:

O = proporción de hembras o machos observados

E = proporción de hembras o machos esperada

Ciclo reproductivo

Una vez observadas y analizadas las laminillas y establecidos los EDG, se calculó el porcentaje de organismos en cada uno de los estadios para cada mes de muestreo con la finalidad de establecer la temporalidad y frecuencia del ciclo reproductivo. Después por medio de un gráfico de barras apiladas al 100%, se representa el ciclo reproductivo para hembras y machos de *L. peru* y *L. argentiventrís*.

Índice gonadosomático

Los índices en función de la gónada son los más utilizados como indicadores del mayor periodo reproductivo, ya que las gónadas alcanzan la mayor biomasa y/o la mayor cantidad de ovocitos vitelogénicos (madurez) antes de que el organismo libere los gametos (desove). Así para cada mes de obtención de muestras se calculó el índice gonadosomático (IGS: Ebert et al. 2011) como:

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

Donde

PG es el peso de la gónada.

PT es el peso total del pez.

Los valores más bajos del IGS fueron considerados como evidencia de inactividad gametogénica y/o inicio de la actividad y producción de gonias (EDG- reposo). Un aumento sostenido del IGS es un indicador de actividad gametogénica (i.e., EDG- desarrollo). Los puntos máximos del IGS en la gráfica fueron considerados como evidencia de madurez (EDG-maduro) y una disminución sostenida a continuación de los puntos máximos fue considerada como evidencia de que la población está en estadio de madurez y desove.

Talla de primera madurez sexual poblacional ($LT_{50\%}$)

La talla de primera madurez 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 de las especies en estudio. Para ello, se calcularon las frecuencias en número de individuos que presentaron actividad reproductiva (organismos con gónadas en estadios de desarrollo, madurez, desove y posdesove) por intervalos de tres 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 $y = a/(1+bx\exp(-cx))$ a través del programa CurveExpert 1.3, con lo cual se obtuvo el valor puntual de la talla de primera madurez sexual.

RESULTADOS

Descripción microscópica de los estadios de desarrollo gonadal

El análisis histológico de las gónadas de tanto de *L. argentiventris* como de *L. peru* mostraron la presencia de varios grupos modales de ovocitos intraováricos en diferentes fases de desarrollo, así como folículos postovulatorios 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 posdesove o eyaculado.

Tabla 1. Descripción de los estadios de desarrollo gonádico de las hembras de *Lutjanus peru* y *L. argentiventris*.

Estadio de desarrollo gonádico	Descripción
REPOSO	Presencia de epitelio germinal, ovocitos previtelogenicos (i.e., ovogonias, y ovocitos primarios) con cromatina nucleolar y perinucleolar.
DESARROLLO	Presencia epitelio germinal y una menor proporción de ovogonias. Se presentan ovocitos con alveolos cortical (vesículas vitelinas circundante al núcleo) y ovocitos vitelogenicos en los 3 estadios de desarrollo (gránulos de vitelo). Comienza a verse el proceso foliculogénico.
MADURO	Puede o no haber ovogonias, ovocitos con cromatina nucleolar, perinucleolar y en menor proporción que en el estadio anterior. Es notorio los ovocitos vitelogénicos en fase 3, es decir con el citoplasma colmatado de glóbulos de vitelo que empiezan a fusionarse (vitelogénesis avanzada) y predominan ovocitos que no advierten núcleo o con núcleos acéntricos que se han hidratado y muestran glóbulos de vitelo completamente fusionado.
DESOVE	Se conservan algunos huevos vitelogénicos avanzados, huevos maduros hidratados, pero el lumen gonadal vacío, tejido conectivo desgarrado como evidencia de un desove y la presencia de algunos ovocitos atrésicos y la presencia de folículos postovulatorios (FPO), es decir las capas de células foliculares que alguna vez recubrían el huevo maduro.
POST-DESOVE	Hay gran cantidad de ovocitos atrésicos, y algunos ovocitos vitelogénicos en fase final (Vit-3) que empiezan la reabsorción. Hay bastantes folículos posovulatorios viejos, y se pueden observar remanentes de las primeras fases de los ovocitos (ovocitos primarios).

Tabla 2. Descripción de los estadios de desarrollo gonádico de machos de *Lutjanus peru* y *L. argentiventris*.

Estadios de desarrollo gonádico	Descripción
REPOSO	Se observa tejido germinal y grupos de espermatogonias.
DESARROLLO	En las paredes de los túbulos pueden apreciarse espermatogonias, espermatocitos, espermatidas y poco o nulo acumulamiento de espermatozoides en el lumen.
MADURO	Lumen de los túbulos totalmente llenos de espermatozoides, y rodeados por grupos de espermatocitos y espermatidas.
DESOVE	Los túbulos se encuentran en su mayoría desocupados o con pocas espermatidas y espermatogonias. Se evidencia una pequeña cantidad de espermatozoides ubicados principalmente en el lumen.
POST-DESOVE	Se ven folículos vacíos con residuales de todas las fases (espermatogonias, espermatocitos, y espermatidas). También se aprecia rasgado el tejido.

Lutjanus peru

Tallas

Las tallas de las hembras estuvieron entre 22 y 75 cm de LT, y la de los machos entre 21 y 75 cm de LT. En una observación mensual durante el periodo de estudio, tanto hembras como machos presentaron las mayores tallas en marzo, junio y noviembre, aunque generalmente las hembras fueron mayores respecto a los machos (Fig. 3).

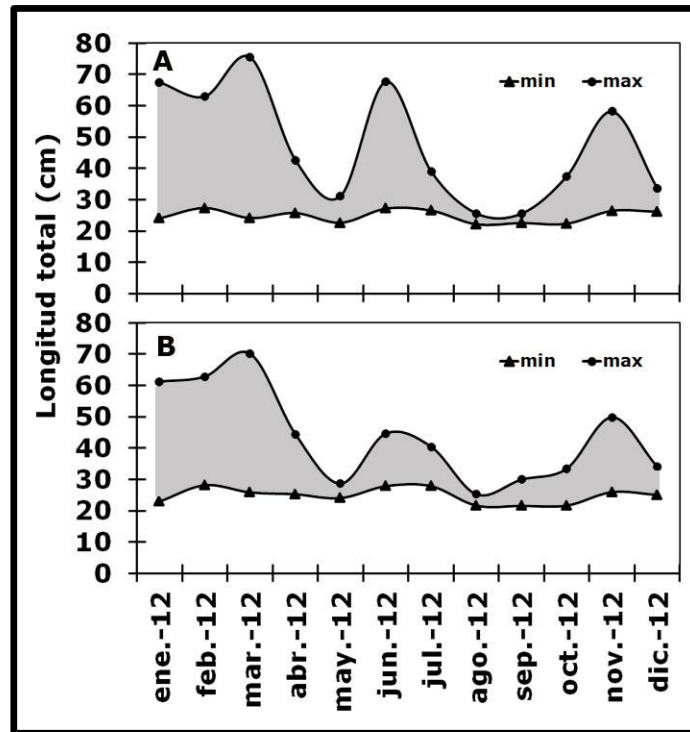


Figura 3. Intervalos de tallas de hembras (A) y machos (B) de *Lutjanus peru* a lo largo del periodo de muestreo en la costa sur-occidental del Golfo de California.

Proporción de sexos

Se analizaron un total de 323 organismos, y en base a la observación microscópica de la gónada se observaron: 112 hembras (34.7%), 133 machos (41.2%), y 78 juveniles (organismos inmaduros) (24.1%), los cuales manifestaron únicamente tejido conectivo fibroso, matriz celular y gonias de células sexuales poco diferenciables con microscopia de luz (Fig. 4). Este 24.1% de organismos inmaduros correspondió a tallas menores a 23 cm de LT, y por tanto no fueron usados en los análisis, tanto de proporción de sexos como del ciclo reproductivo y estimación de la talla de primera madurez (Lowerre-Barbieri et al. 2011).

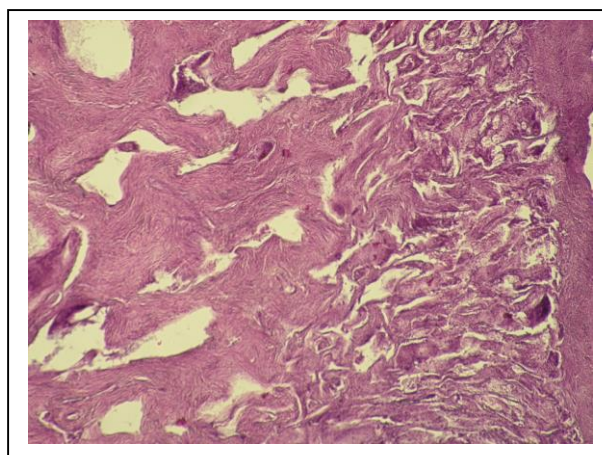


Figura 4. Microfotografía que muestra las características de una gónada inmadura.

La proporción de sexos total (H:M) fue de 0.8 hembras por cada macho y no se encontró diferencia significativa ($P = 0.09$) de la proporción esperada de 1:1. El análisis estadístico (χ^2) por mes reveló que de enero a marzo y en junio hubieron significativamente más hembras que machos ($P < 0.05$), mientras que en abril, y de julio a octubre hubieron significativamente más machos que hembras ($P < 0.05$) (Tabla 3).

Tabla 3. Proporción de sexos mensual y total de *Lutjanus peru*. El asterisco (*) indica diferencia significativa ($P < 0.05$).

Localidad	Mes	Hembras (%)	Machos (%)	H:M	χ^2	Valor P
Sargento	Enero	10 (77)	3 (23)	3.3:1	29.0	0.00
Sargento	Febrero	7 (70)	3 (30)	2.3:1	16.0	0.00
Sargento	Marzo	11 (73)	4 (23)	2.8:1	21.8	0.00
Sargento	Abril	8 (40)	12 (60)	0.7:1	4.0	0.04
Sargento	Mayo	10 (45)	12 (55)	0.8:1	0.8	0.36
Sargento	Junio	18 (78)	5 (22)	3.6:1	31.9	0.00
Sargento	Julio	9 (36)	16 (64)	0.6:1	7.8	0.00
Sargento	Agosto	0 (0)	8 (100)		100	0.00
Sargento	Septiembre	0 (0)	14 (100)		100	0.00
S. Evaristo	Septiembre	10 (38)	16 (62)	0.6:1	5.3	0.02
Sargento	Octubre	5 (31)	11 (69)	0.5:1	14.0	0.00
Sargento	Noviembre	12 (43)	16 (57)	0.8:1	2.0	0.15
Sargento	Diciembre	25 (12)	13 (48)	0.9:1	0.17	0.68
Total		112 (46)	133 (54)	0.84:1	2.81	0.09

El análisis por tallas mostro que en las clases de tallas de 21.5-28.7 y 43.2-50.4 hubieron más machos que hembras, mientras que en las clases de tallas de 50.4-57.6, 64.8-72.0 y 72.0-79.3 hubieron más hembras que machos. Sin embargo, en algunos de estos casos el número de organismos es muy bajo.

Tabla 4. Proporción de sexos por clase de tallas (longitud total) de *Lutjanus peru*. El asterisco (*) indica diferencia significativa ($P < 0.05$).

Longitud Total (cm)	Hembras	Machos	Total	χ^2	Valor p
21.5-28.7	30	55	85	8.66	0.00 *
28.7-35.9	37	48	85	1.68	0.19
35.9-43.2	21	20	41	0.07	0.79
43.2-50.4	1	3	4	25.01	0.00 *
50.4-57.6	9	1	10	64.01	0.00 *
57.6-64.8	4	5	9	1.24	0.26
64.8-72.0	9	1	10	64.01	0.00 *
72.0-79.3	1	0	1	100.01	0.00 *
Total	112	133	245		

Ciclo reproductivo

En la figura 5 se muestran las frecuencias de estadios de desarrollo de *L. peru*. Tanto hembras como machos presentaron el estadio de reposo de enero a julio y de octubre a diciembre, con porcentajes que van desde 12 a 100% de organismos. Los organismos en estadio de desarrollo se presentaron en el caso de las hembras de marzo a junio (entre 9 y 12.5%), mientras que los machos de abril a junio (entre 17 y 25%) y en septiembre (6.2%) pero en este caso los organismos fueron capturados en San Evaristo. Los organismos en estadios de madurez y desove se presentaron en el caso de las hembras en junio y septiembre (70% de organismos en desove), mientras que los machos en junio y julio (20 y 60%) y de septiembre a noviembre (entre 9 y 62.5%). Cabe destacar que todos los organismos capturados en el Sargento en agosto y septiembre fueron juveniles.

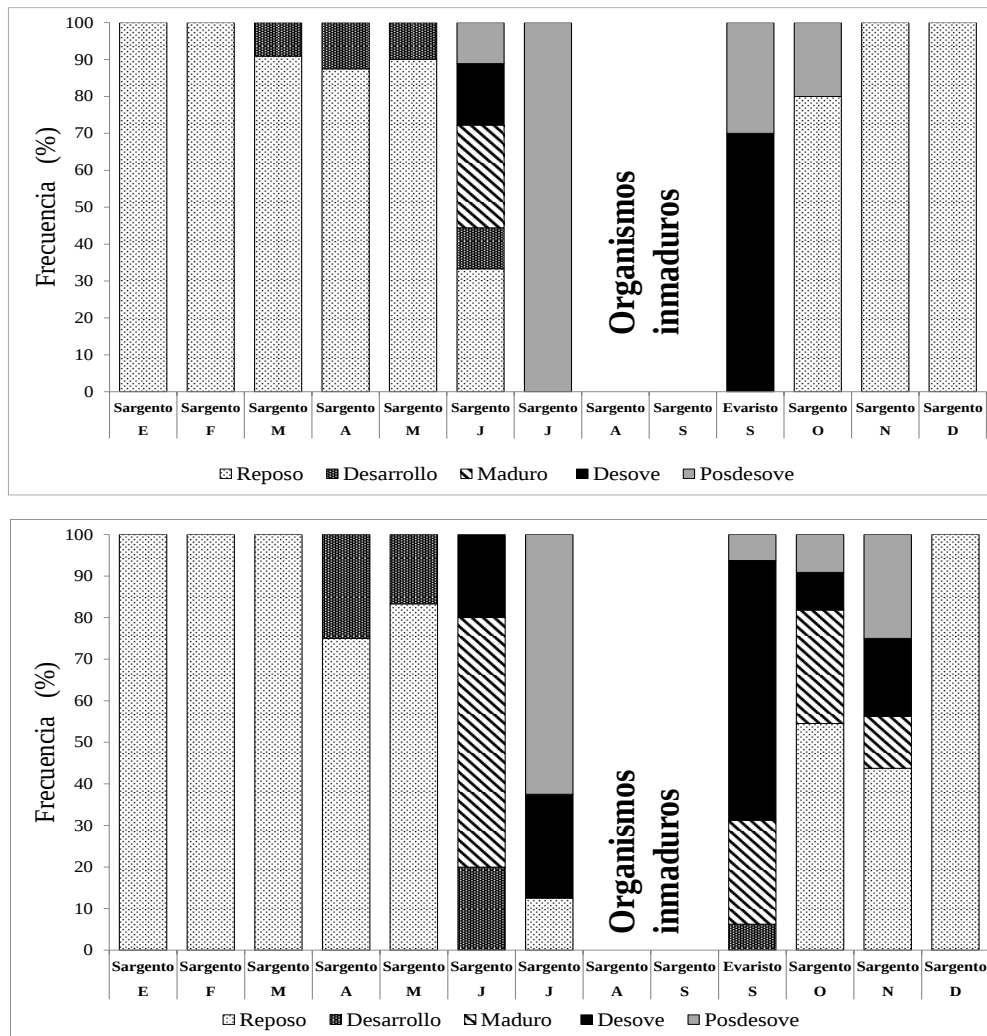


Figura 5. Ciclo reproductivo de hembras (arriba) y machos (abajo) de *Lutjanus peru* capturados en la costa sur-occidental del Golfo de California.

Índice Gonadosomático

EL IGS de las hembras de *L. peru* oscilo entre 0 y 1.27, siendo junio el más alto (1.27 ± 0.34) y por ende evidencia de madurez. En los machos el IGS oscilo entre 0 y 0.64 (0.64 ± 0.20) (Fig. 6).

El IGS varió significativamente en ambos sexos a lo largo del periodo de muestreo. El IGS de las hembras presento los valores más bajos de enero a junio ($< 1\%$). En junio se

presentó el pico más alto, sin embargo el IGS disminuyó abruptamente en julio, para mantener nuevamente valores a bajo de 1% en los siguientes meses.

Por otra parte, los machos también mostraron valores bajos del IGS de enero a mayo. El IGS aumentó durante junio y julio donde se alcanzaron los valores más altos. Estos valores disminuyeron drásticamente en agosto y se mantuvieron bajos en los siguientes meses.

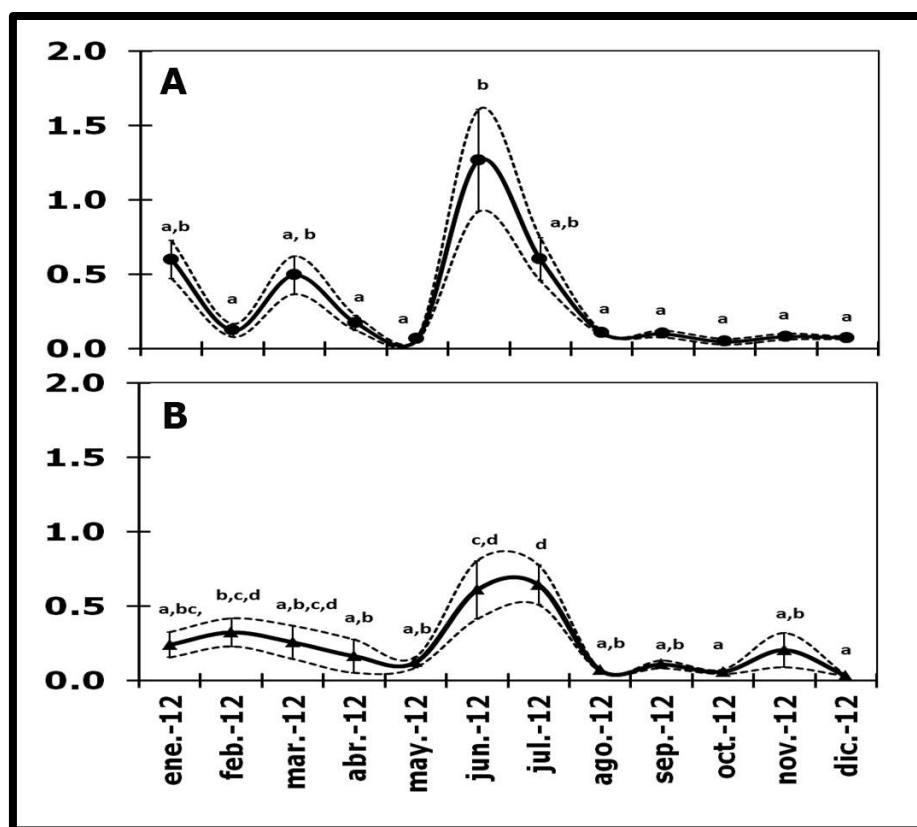


Figura 6. Variación del índice gonadosomático de hembras (A) y machos (B) de *Lutjanus peru*. Los valores son promedio $\pm$ E.E. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los valores de IGS de cada mes ($p < 0.05$), y evaluado con la prueba Tukey HSD.

Talla de primera madurez sexual poblacional ($LT_{50\%}$)

El rango de tallas de las hembras de *L. peru* sexualmente maduras fue de 26.6 cm -71.6 cm de LT (media 41.6 cm, DE 11.2). Con la aplicación del modelo logístico se observó que la talla en la cual el 50% de las hembras son consideradas sexualmente maduras fue de 32.24 cm de LT (Figura 7A). Para los machos sexualmente maduros el rango de tallas fue de 21.7- 52.3 cm de LT (media 34.0 cm, DE 3.4). Aplicando el modelo logístico, se

observó que la talla a la cual el 50% de los machos están sexualmente maduros fue de 29.55 cm de LT (Fig. 7B).

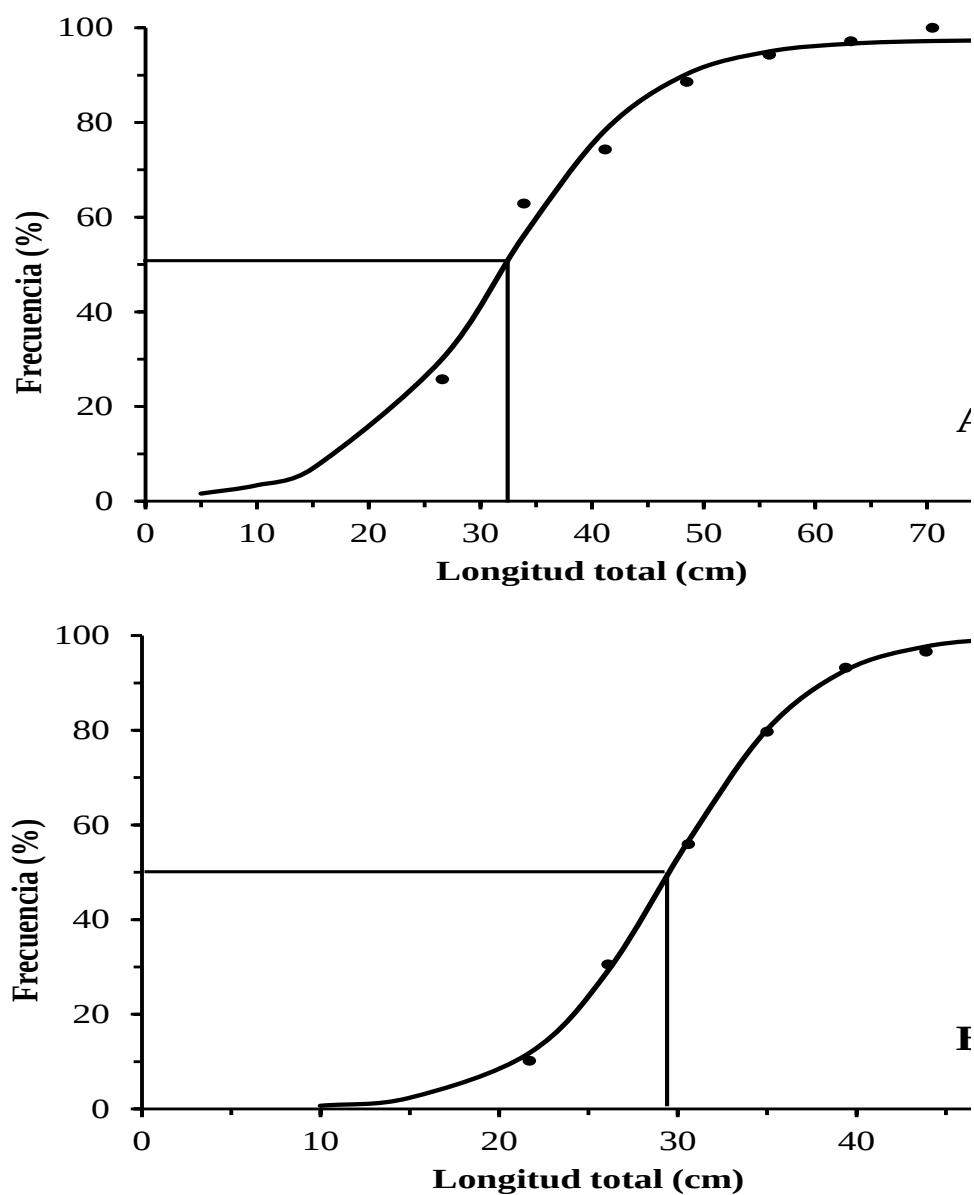


Figura 7. Talla de primera madurez sexual poblacional de hembras (A) y machos (B) de *Lutjanus peru* capturados en la costa sur-occidental del Golfo de California.

Lutjanus argentiventris

Tallas

Las tallas de las hembras estuvieron entre 26 y 64 cm de LT, mientras que la de los machos entre 25 y 59 cm de LT. Durante el periodo de estudio, tanto las hembras como los machos presentaron las menores longitudes en enero, abril-mayo, y septiembre-octubre (Fig. 8).

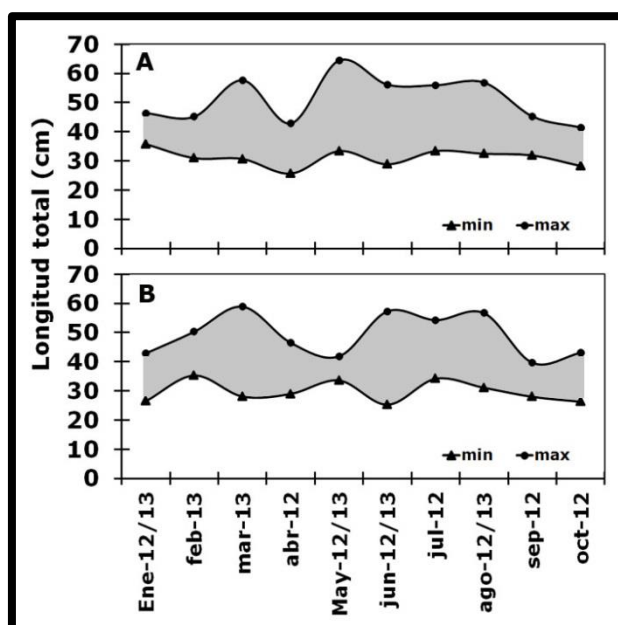


Figura 8. Intervalo de tallas de hembras (A) y machos (B) de *Lutjanus argentiventris* a lo largo del periodo de muestreo en la costa sur-occidental del Golfo de California.

Proporción de sexos

Se analizaron un total de 249 organismos, y en base a la observación microscópica de la gónada se observaron 134 hembras (53.8%), 104 machos (41.8%), 11 juveniles (4.4% inmaduros) (Características histológicas descritas en la sección de *L. peru*).

La proporción de sexos total (H:M) fue de 1.3:1 y no se encontró una diferencia significativa ($P = 0.37$) de la proporción esperada de 1:1. El análisis estadístico (χ^2) por mes reveló que en mayo ($P = 0.03$) hubo significativamente más hembras que machos ($\chi^2 = 4.98$, $P = 0.03$) (Tabla 4).

Tabla 4. Proporción de sexos mensual y total de *Lutjanus argentiventris*. χ^2 (Chi cuadrado). Se considera que existe una proporción diferente de 1:1 cuando el valor de $P < 0.05^*$.

Mes	Hembras (%)	Machos (%)	H:M	χ^2	Valor P
Enero	8 (80)	2 (20)	4:1	36.0	0.00
Febrero	9 (60)	6 (40)	1.5:1	4.0	0.04
Marzo	11 (47.8)	12 (52.2)	0.9:1	0.2	0.66
Abril	12 (50)	12 (50)	1:1	0.0	0.92
Mayo	23 (79.3)	6 (20.69)	3.8:1	34.4	0.00
Junio	12 (40)	18 (60)	0.7:1	4.0	0.04
Julio	20 (58.8)	14 (41.2)	1.4:1	3.1	0.08
Agosto	16 (51.6)	15 (48.4)	1.1:1	0.1	0.74
Septiembre	7 (58.33)	5 (41.7)	1.4:1	2.8	0.09
Octubre	16 (53.3)	14 (46.7)	1.1:1	0.4	0.50
Total	134 (56.3)	104 (43.7)	1.3:1		3.07

En la proporción de sexos por tallas se encontró que solo en las clases de tallas de 56.1-60.5 y de 60.5-64.9 hubieron más hembras que machos (Tabla 5).

Tabla 5. Frecuencia de hembras y machos de *Lutjanus argentiventris* por clase de talla (longitud total). El asterisco* indica diferencia significativa $\chi^2 = 3.841$.

Longitud Total (cm)	Hembras	Machos	Total	χ^2	Valor p
25.3-29.7	7	9	16	1.57	0.20
29.7-34.1	20	23	43	0.50	0.48
34.1-38.5	40	29	69	2.55	0.11
38.5-42.9	24	17	41	2.92	0.09
42.9-47.3	16	9	25	7.85	0.00*
47.3-51.7	10	5	15	11.12	0.00*
51.7-56.1	9	10	19	0.29	0.59
56.1-60.5	6	2	8	25.01	0.00
60.5-64.9	2	0	2	100.01	0.00*
Total	134	104	238		

Ciclo reproductivo

En la figura 9a y b se presentan las frecuencias de ocurrencia de los diferentes estadios de desarrollo gonadal para las hembras y machos de *Lutjanus argentiventris*. Las hembras presentaron el 100% de organismos con gónadas en estadio de reposo de enero a marzo y en septiembre, mientras que en octubre el 81%, en los otros meses no hubieron organismos en reposo. Los organismos en estadios de desarrollo gonadal se presentaron de únicamente

de abril a junio (entre el 42 y el 56%). Los organismos con gónadas maduras se encontraron únicamente en junio y julio (entre el 15 y el 50%). Las hembras en desove se encontraron en julio y agosto (entre 55 y 69%). En el caso de los machos los organismos en estadio de reposo se encontraron de enero a mayo (entre el 33 y el 100%), los organismos en desarrollo se encontraron en enero (50%) y de marzo a julio (entre el 7 y 68%). Los machos en estadio de madurez y desove se encontraron de junio a octubre (entre 7 y 93%) excepto septiembre, donde no hubo organismos maduros ni en desove. Los machos en posdesove se encontraron de julio a octubre excepto agosto, con frecuencias de entre 35 al 100%.

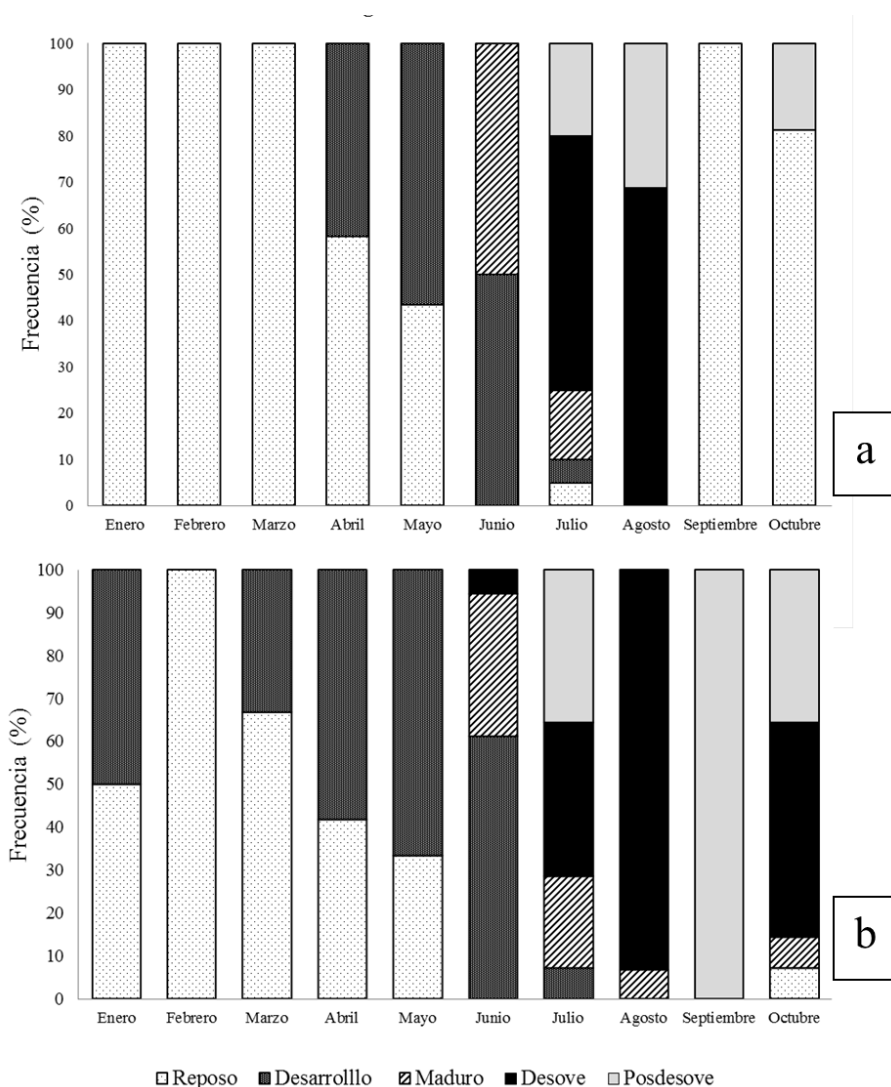


Figura 9. Ciclo reproductivo de *Lutjanus argentiventris* capturados en la costa sur-occidental del Golfo de California.

Índice Gonadosomático

EL índice gonadosomático para ambos sexos fue bajo de enero a mayo, con valores entre 0.2 y 0.9%. En la segunda mitad del año el IGS se incrementó paulatinamente. Los más altos valores del IGS se obtuvieron en julio y agosto para las hembras (2.88 ± 0.42) y de junio a agosto para los machos (3.15 ± 0.41) (Fig. 10). En septiembre el IGS disminuye drásticamente en ambos sexos.

De acuerdo a las diferencias significativas, las hembras pueden estar en estadio reposo y/o post-desove de enero hasta mayo, y en septiembre-octubre. La madurez sería en junio, julio, y agosto. El desove se interpreta como total y abrupto durante septiembre ya que no es un descenso sostenido posterior al pico más elevado (i.e., madurez), sino que cae a valores similares de a los encontrados de enero a mayo en ambos sexos (Fig. 10)

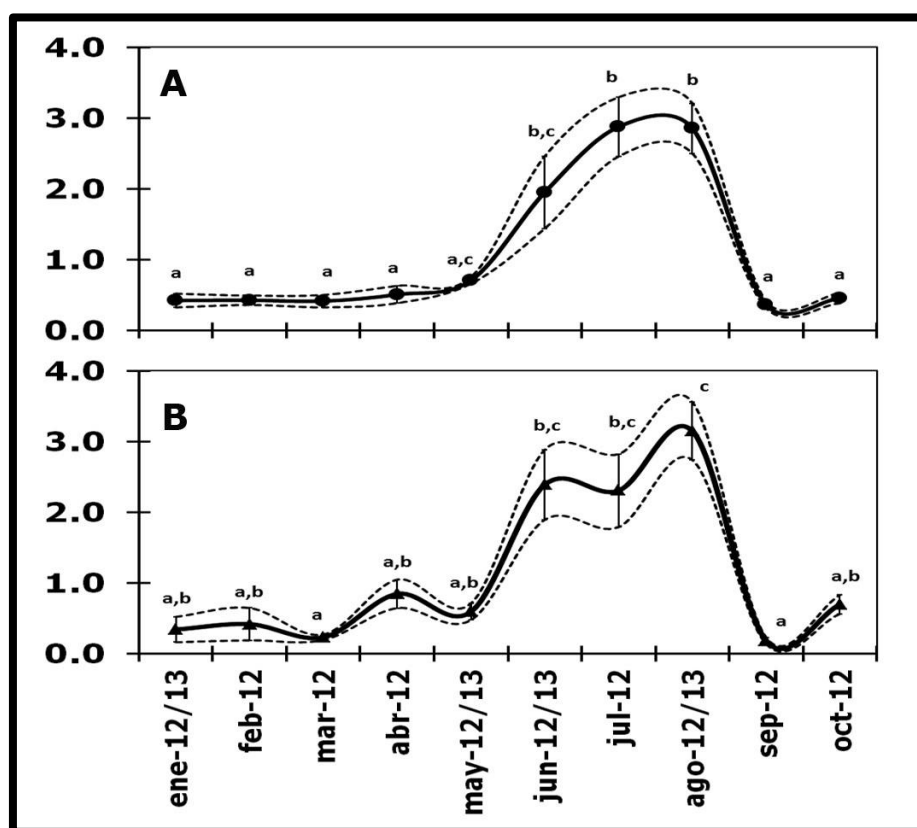


Figura 10. Variación del índice gonadosomático de hembras (A) y machos (B) de *Lutjanus argenteus* capturados en la parte sur-occidental del Golfo de California. Los valores son promedio $\pm$ E.E. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los valores medios del IGS de cada mes (Prueba Tukey, $p < 0.05$).

Talla de primera madurez sexual poblacional ($LT_{50\%}$)

El rango de tallas de las hembras sexualmente maduras de *L. argentiventris* fue de 25.7-57.5 cm de LT (media 42.9 cm, DE 8.9). Con la aplicación del modelo logístico se observó que la talla en la cual el 50% de las hembras son consideradas sexualmente maduras fue de 37.27cm de LT (Figura 11A). Para los machos sexualmente maduros el rango de tallas fue de 25.3 a 58.8 cm de LT (media 39.2, DE 8). Aplicando el modelo logístico, se observó que la talla a la cual el 50% de los machos están sexualmente maduros fue de 33.68 cm de LT (Fig. 11B).

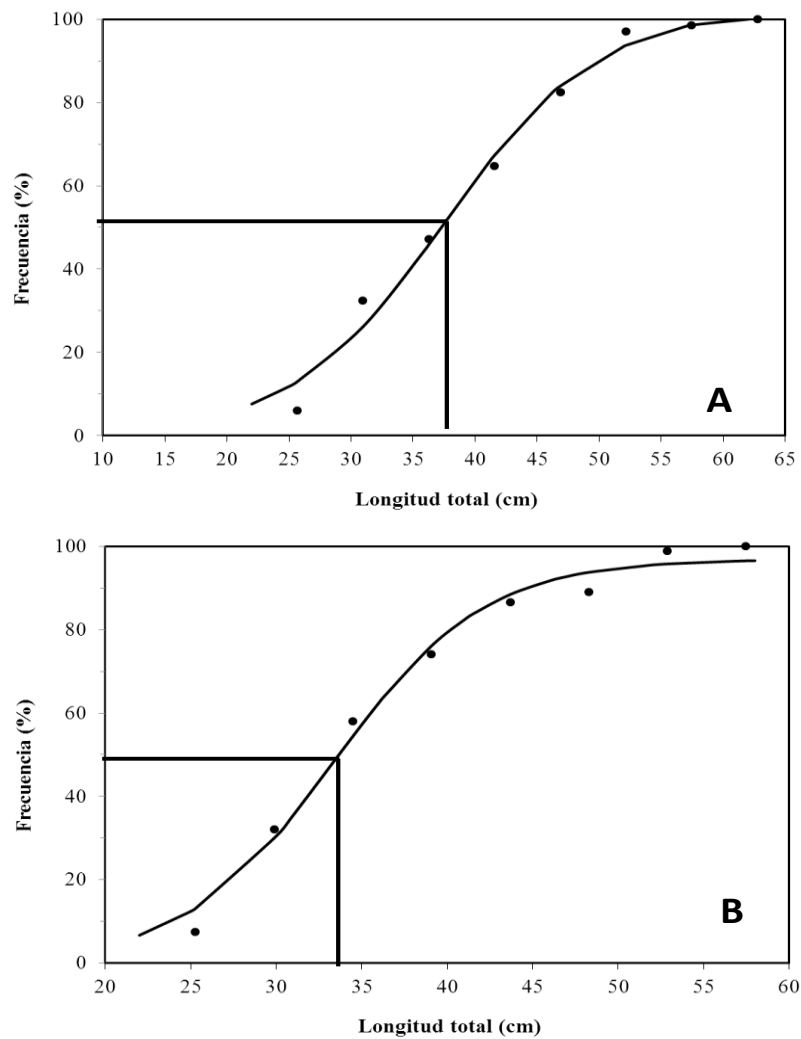


Figura 11. Talla de primera madurez sexual poblacional de hembras (A) y machos (B) de *Lutjanus argentiventris* capturados en la costa sur-occidental del Golfo de California.

CONCLUSIONES

El análisis histológico indica que tanto *Lutjanus peru* y *L. argentiventris* de la costa sur-occidental del Golfo de California tienen un desarrollo asincrónico de su gónada, con desoves parciales y con una reproducción estacional.

L. peru se reproduce durante junio y julio y de septiembre (San Evaristo) a noviembre. El IGS no concuerda del todo con el análisis histológico por lo que no es recomendable establecer la época reproductiva de esta especie en este indicador. En este análisis destaca que en la localidad de el Sargento, durante agosto y septiembre el 100% de organismos capturados fueron juveniles (inmaduros), lo cual indica que durante esos meses la zona funciona solo como refugio de organismos pequeños. La estimación de la talla de primera madurez indica que los machos se reproducen a tallas más pequeñas que las hembras, sin embargo es necesario obtener machos más grandes que los reportados en este estudio para corroborarlo.

L. argentiventris se reproduce de junio a agosto, aunque los machos lo hacen también en octubre. Lo anterior fue también corroborado con el IGS, por lo cual este puede ser un buen indicador de la época reproductiva de esta especie. La estimación de la talla de primera madurez indica que los machos se reproducen a tallas más pequeñas que las hembras.

Recomendaciones

Se recomienda recolectar más organismos de ambas especies con el objeto de robustecer el análisis ya que en muchos meses el número de muestras es muy bajo. Más aún, en el caso de *L. argentiventris* solo se analizaron muestras de 10 meses, por lo que es necesario recolectar muestras en noviembre y diciembre para corroborar si su reproducción se extiende hasta finales de año.

Es deseable también ampliar el estudio colectando muestras de ambas especies en la época de reproducción, tomando ejemplares de diferentes tallas (considerando los rangos de la talla de primera madurez de cada especie, con el objeto de estimar su potencial reproductivo. Los periodos de muestreo deberán ser al inicio y al final de cada mes (tomando 15-20 organismos al inicio y al final).

REFERENCIAS

- Allen GR, Robertson DR (1994) Fishers of the Tropical Eastern Pacific. University of Hawaii Press. Honolulu.
- Amezcu-Linares, F., 1996: Demersal fish from the continental shelf of the Central Pacific Coast of Mexico. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Mexico D.F, 184 pp.
- Arellano-Martínez M, Rojas-Herrera A, García-Domínguez F, Ceballos-Vázquez BP, Villalejo-Fuerte M (2001) Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36: 1–8.
- Brown-Peterson NJ, Wyanski DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ, Lowerre-Barbieri SK (2011) A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 3:52–70.
- Díaz-Urbe JG, Chávez EA, Elorduy-Garay JF (2004) Assessment of the Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) fishery in the southwestern Gulf of California. *Ciencias Marinas* 30: 561–574.
- Ebert TA, Hernandez JC, Russell MP (2011) Problems of the gonad index and what can be done: analysis of the purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. *Marine Biology* 158:47–58.
- Fischer W, Krupp F, Schneides W, Sommer C, Carpenter KE, Niem UH (1995) Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental. II y III:644-1813.
- Gallardo-Cabello, M. Sarabia-Méndez, M. Espino-Barr, E. Vicente Anislado-Tolentino (2010) Biological aspects of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michoacán, México: growth, reproduction and condition factors. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45: 205-215
- Lowerre-Barbieri SK, Brown-Peterson NJ, Murua H, Tomkiewicz J, Wyanski DM, Fran Saborido-Rey F (2011) Emerging Issues and Methodological Advances in Fisheries

- Reproductive Biology. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science 3:32–51.
- Lucano-Ramírez G, Villagrán-Santa Cruz M, Ruiz-Ramírez S, López-Murillo T (2001) Histology of the oocytes of *Lutjanus peru* (Nichols and Murphy, 1922) (Pisces, Lutjanidae). *Ciencias Marinas* 27: 335-349.
- Luna LG (1968) Manual of Histologic Staining Methods of the Armed Institute of Pathology. 3rd ed. McGraw-Hill, New York.
- Pinón A, Amezcua F, Duncan N (2009) Reproductive cycle of female yellow snapper *Lutjanus argentiventris* (Pisces, Actinopterygii, Lutjanidae) in the SW Gulf of California: gonadic stages, spawning seasonality and length at sexual maturity. *Journal of Apply Ichthyology* 25: 18–25.
- Reyna-Trujillo MM (1993). Desarrollo gonádico y época de desove del huachinango (*Lutjanus peru*) Nichols y Murphy, 1922 (Pisces: Lutjanidae) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara, México.
- Santamaría-Miranda A (1998) Hábitos alimenticios y ciclo reproductivo del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) Pisces: Lutjanidae en Guerrero, México. Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., 64 pp.
- Tyler CR, Sumpter JP (1996) Oocyte growth and development in teleosts. *Review Fish Biology and Fisheries* 6: 287–318.